Zersetzung und Wirkung organischer Stickstoffdünger.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde einer Hohen philosophischen Fakultät der Universität Leipzig

vorgelegt von

Erich Bönisch

aus **Göhrisch** bei Meißen a. E.

Weida i. Th.
Druck von Thomas & Hubert
Spezialdruckerei für Dissertationen
1911.

Angenommen von der III. Sektion auf Grund der Gutachten der Herren

Kirchner und **Pfeffer.**

Leipzig, den 1. Juni 1911.

Der Procancellar.
Brandenburg.

Meinen Eltern.

Die vorliegende Arbeit wurde im Landwirtschaftlichen Institut der Universität Leipzig ausgeführt.

Meinem hochverehrten Lehrer,

Herrn Geheimrat Professor Dr. W. Kirchner,

erlaube ich mir an dieser Stelle für das mir jederzeit bewiesene Wohlwollen meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Zu besonderem Danke bin ich auch

Herrn Privatdozent Dr. F. Löhnis

verpflichtet für die Anregung zu dieser Arbeit, sowie für die bereitwillige freundliche Unterstützung, die er mir jederzeit zuteil werden ließ.

Inhalt.

	Seite
I. Einleitung	7
II. Plan der Untersuchungen	8
III. Feldversuche	9
a) Der Boden	9
b) Die Düngung	12
c) Die Aussaat, Pflege und Ernte	16
d) Das Wetter	28
IV. Umsetzungsversuche	32
V. Vergleich der im Laboratorium und auf dem Felde erlangten Ergebnisse	42
VI. Versuche mit Reinkulturen	46
a) Aërobe Bakterien	46
b) Anaërobe Bakterien	50
VII. Zusammenfassung	53
Anhang: Tabellen	55

I. Einleitung.

Die vielseitigen Bestrebungen wissenschaftlicher Forschungen auf dem Gebiete der Düngerlehre haben zwar Erfolge aufzuweisen, aber sie entsprechen der aufgewendeten Arbeit nicht. Teils sind die Fragen selbst zu problematisch, teils sind die Wege zu ihrer Beantwortung nicht sicher festgelegt, so daß der Weiterentwicklung auf diesem Gebiete noch viel Raum gegeben ist. Den allgemeinen Gesetzen und Regeln für die Ernährung unserer Kulturgewächse stehen unzählige Ausnahmen und Abweichungen gegenüber. Die jeweilige, natürliche Lage und der gegebene Kulturzustand des betreffenden Bodens sind hierbei ebenso von bestimmendem Einfluß wie der Düngewert der zur Anwendung gelangenden Stoffe. Dieser hängt einerseits ab von der Beschaffenheit der Düngemittel selbst, andrerseits von der Art und Intensität der Umsetzungen, die in den betreffenden Böden verlaufen. Wie sich diese Verhältnisse von Fall zu Fall gestalten, bedarf noch sehr eingehender Prüfung.

Untersuchungen über die Mikroorganismen und ihre Tätigkeit im Boden können dazu beitragen, schwebende Boden- und Düngungsfragen in vollkommenerer Weise als bisher zu klären. Insbesondere scheinen derartige Forschungen in Verbindung mit Düngungsversuchen auf dem Felde Erfolg zu versprechen[1]).

In besonderem Maße gilt dies in bezug auf das Verhalten und die Wirkung des organischen Stickstoffs. Hierfür ist in erster Linie die stets zunächst eintretende Ammoniakbildung maßgebend.

---

[1]) Vergl. Löhnis, Habilitationsschrift. Mitt. d. landw. Inst. d. Universität Leipzig, 1905, VII. p. 95.

Die nachfolgende Untersuchung wurde ausgeführt, um weitere Einblicke in dieses noch ziemlich dunkle Gebiet zu erlangen. Sie schließt sich an die von Löhnis[1]), Parr[2]) und Stern[3]) in dieser Richtung angestellten Untersuchungen an.

II. Plan der Untersuchungen.

Hornmehl, Blutmehl, Fleischmehl, Knochenmehl wurden so, wie sie im Handel erhältlich waren, zur Düngung von Kartoffeln auf schwerem und auf leichtem Boden bestimmt. Als Maßstab für ihren Wirkungswert sollte die Stickstoffmenge gelten, die in den durch Düngung hervorgerufenen Mehrerträgen enthalten ist. In diesem Falle wurde die Menge an Ammoniak ermittelt, die nach dreiwöchiger Versuchsdauer in den entsprechend zusammengesetzten und geimpften Nährlösungen entstanden war.

Zur Ergänzung der auf dem Felde zu erwartenden Ergebnisse dienten die im Laboratorium auszuführenden Umsetzungsversuche.

Die Stickstoff-Ausnutzung auf dem Felde war mit der im Laboratorium ermittelten Stickstoff-Umsetzung in Beziehung zu bringen.

Die an der Ammoniakbildung beteiligten Bakterien sollten isoliert und auf ihre Wirksamkeit geprüft werden.

---

[1]) Vergl. Löhnis, Habilitationsschrift. Mitt. d. landw. Inst. d. Universität Leipzig, 1905, VII. p. 95.

[2]) Parr, Inaug.-Dissert., Leipzig 1906.

[3]) Stern, Inaug.-Dissert., Leipzig 1910.

III. Feldversuche.

a) Der Boden.

Durch gütiges Entgegenkommen des Herrn Geheimrats Professor Dr. W. Kirchner stand mir auf dem Versuchsfelde des Landwirtschaftlichen Institutes in Oberholz für schweren Boden und auf meinem väterlichen Gute Göhrisch für leichten Boden Ackerland für die Versuche zur Verfügung. Bei der Auswahl wurde auf möglichste Gleichmäßigkeit in der Beschaffenheit besonders geachtet.

Der Boden des zum landwirtschaftlichen Institute der Universität Leipzig gehörigen Versuchsfeldes in Oberholz ist ein schwerer bindiger Geschiebelehm, dessen hoher Tongehalt große Aufmerksamkeit bei der Bearbeitung beansprucht.

W. Kirchner[1]) beschreibt ihn folgendermaßen: „Landwirtschaftlich ist der Boden als ein schwerer Lehm zu bezeichnen, der wenig durchlässig ist und infolgedessen langsam abtrocknet, also eine zeitige Saat im Frühjahre nicht gestattet, und sorgfältige Beachtung seines physikalischen Zustandes verlangt. Werden diese Eigenschaften zwar durch einen hohen Grundwasserstand noch verstärkt, so üben doch die Drainage, nicht minder auch die regelmäßige Kalkdüngung (400 kg durchschnittlich auf 1 Jahr und 1 ha) einen so starken Einfluß in entgegengesetzter Richtung aus, daß die Herstellung einer für das Wachstum der Pflanzen günstigen, mechanischen Beschaffenheit des Bodens fast immer ohne erhebliche Schwierigkeiten gelingt. Da der Boden sehr wasserhaltend ist und die Pflanzen deshalb selten unter Trockenheit leiden, so eignet sich der Acker gut für die Kultur der Futtergewächse, die denn auch in großem Umfange angebaut werden, ferner mehr für Weizen und Hafer, als für Roggen und Gerste.“

Das von mir benutzte Versuchsstück gehörte zu den seit 1910 vom Rittergut Großpößna gepachteten Schlägen mit sehr

---

[1]) W. Kirchner, Das Studium der Landwirtschaft an der Universität Leipzig, p. 29.

ähnlichem, sogar fast gleichem Charakter. Der Untergrund in ca. 40—50 cm Tiefe besteht aus tonigem Lehm bis lehmigem Ton, sodaß ein Versickern leichtlöslicher Nährstoffe in den Untergrund auch bei starker Düngung kaum zu befürchten ist. Noch viel weniger gilt dies in bezug auf die von mir verwendeten organischen Stickstoffdünger. Mehrere Proben aus Untergrund und Ackerkrume wurden mit Hilfe der Schlämmanalyse nach J. Kühn auf ihre mechanische Zusammensetzung untersucht. Es ergab sich im Durchschnitt:

	Steine	Kies		Sand			Abschlämmbare Teile	Feinsand + abschlämmbare Teile
		Grob-	Fein-	Perl-	Grob-	Fein-		
	> 5 mm	3—5	2—3	1—2	0,5—1	< 0,5 mm		
a) Krume	1,33 %	0,16 %	0,89 %	1,57 %	6,24 %	46,91 %	44,23 %	91,14 %
b) Untergrund	3,94 %	1,58 %	1,49 %	1,19 %	5,13 %	35,62 %	54,69 %	90,31 %

Einige Abweichungen von früheren Untersuchungen anderer Oberholzer Versuchsstücke sind zwar vorhanden, doch sind diese nicht erheblicher Art. Die Paralleluntersuchungen der einzelnen Proben stimmten fast vollständig überein.

Die andere Versuchsstätte, Göhrisch, liegt am linken Elbufer zwischen Meißen und Riesa. Der Boden ist alluvialer Talsand. Wenn auch noch nicht von Elbniederung gesprochen werden kann, da auf beiden Ufern Granit- und Quarzporphyrfelsen steil abfallend an den Strom herantreten, so ist doch infolge der dadurch hervorgerufenen Strombiegung eine kleine Aue entstanden. Das Versuchsstück, das diesem Gebiete angehört, entbehrt vollständig des Verwitterungscharakters. Es hat einen mittelleichten, ziemlich gleichmäßig lockeren, leicht austrocknenden, lehmigen Sandboden, der den im Untergrund immer mächtiger werdenden Kies überlagert. Große Regenmengen wirken selten schädlich, da sie schnell in den Untergrund abziehen, dabei allerdings leicht löslichen, in größerer Menge gegebenen Dünger mit wegführen. Die mechanische Zusammensetzung war wie folgt:

	Steine	Kies		Sand			Abschlämmbare Teile	Feinsand + abschlämmbare Teile
		Grob-	Fein-	Perl-	Grob-	Fein-		
	> 5 mm	3—5	2—3	1—2	0,5—1	< 0,5 mm		
a) Krume	2,17 %	1,13 %	1,09 %	4,31 %	21,57 %	48,18 %	23,72 %	71,90 %
b) Untergrund	4,12 %	1,43 %	0,95 %	3,30 %	20,29 %	55,56 %	18,47 %	74,03 %

Die aus je drei Bodenproben erhaltenen, zur Berechnung dieser Durchschnittszahlen benutzten Einzelergebnisse zeigen nur unwesentliche Abweichungen.

Da die wasserhaltende Kraft zu einem erheblichen Teile von der Größe der Oberfläche der Bodenteilchen abhängt, so ist ein Vergleich beider Böden hinsichtlich ihres Feinheitsgrades von besonderem Interesse. Die betreffenden Zahlen lauten:

Art des Bodens	Ort	Abschlämmbare Teile	Feinsand + abschlämmbare Teile
Ackerkrume	Oberholz	44,23 %	91,14 %
	Göhrisch	23,72 %	71,90 %
Untergrund	Oberholz	54,69 %	90,31 %
	Göhrisch	18,47 %	74,03 %

Danach ist für Oberholz die höhere Wasserkapazität zu erwarten; die nachstehenden Ergebnisse vergleichender Prüfungen bestätigen diese Annahme:

Absolute Wasserkapazität (nach A. Mayer)

Ackerkrume		Untergrund	
Oberholz	Göhrisch	Oberholz	Göhrisch
28,85 %	23,18 %	27,25 %	19,61 %

Für den prozentischen Gehalt an hygroskopischem Wasser, an Gesamtstickstoff sowie für den sogenannten Glühverlust wurden folgende Werte ermittelt:

		Hygroskopisches Wasser %	Glühverlust %	Gesamt-Stickstoff %
Oberholz	Ackerkrume	1,533	3,287	0,0931
	Untergrund	1,543	2,628	
Göhrisch	Ackerkrume	0,981	2,604	0,0721
	Untergrund	0,425	1,420	

Von einer ausführlichen chemischen Bodenanalyse habe ich abgesehen, da die dabei zu erwartenden Ergebnisse für die geplanten Versuche ohne Wert gewesen wären. Der Wert und die Zuverlässigkeit der Bodenuntersuchungen sind überdies in der Literatur sehr umstritten. So spricht Weibull[1]) der Bestimmung des Phosphorsäure- und des Stickstoff-Gehaltes der Böden jeden Wert ab. König[2]) sagt geradezu, „daß für die Bestimmung der ausnutzbaren Nährstoffe aus dem Boden und für die Beurteilung aller dieser Einflüsse kaum mehr als die ersten Anfänge der Grundlagen gewonnen sind." Er[3]) geht sogar so weit, daß er auch bestimmte Beziehungen zwischen den physikalischen Eigenschaften des Bodens und dem Pflanzenwachstum bis jetzt nicht als festgestellt anerkennt. Immerhin dürfte aber zum mindesten dem Einflusse der wasserhaltenden Kraft des Ackerlandes für die Vorbereitung und Aufnahme der Nährstoffe durch die Pflanzen eine gewisse Bedeutung zukommen.

b) Die Düngung.

Für die richtige Beurteilung des Wirkungsgrades der zum Versuche herangezogenen Düngemittel, Hornmehl, Blutmehl, Fleischmehl und Knochenmehl, ist es von Wichtigkeit, zunächst

[1]) M. Weibull, Über den Wert von Bodenanalysen zur Ermittelung des Düngerbedürfnisses der Böden. Malmö Länd. K. Kushall-Sällsko Kortesko 1905, ref. n. Exp. Stat. Rec. 1907, 18. 321.

[2]) J. König, D. landw. Versuchsst. 61, 1905, p. 365.

[3]) J. König, E. Coppenrath, J. Hasenbäumer, D. landw. Versuchsst. 66, 1907, p. 361.

den Dung- und Kulturzustand der Versuchsäcker ins Auge zu fassen, wie er sich vor Beginn des Versuches auf Grund der Bestellungs- und Ernteregister darstellte. Die betreffenden Angaben lauten für die Schläge in Oberholz, die 1910 pachtweise an die Versuchswirtschaft übergeben wurden, wie folgt[1]):

1905. Stall- und Kunstdünger pro ha 800 dz Futterrüben.
1906. 2,5 dz Ammoniaksuperphosphat (8 × 9).
Gerste: 24 dz Körner, 25 dz Stroh.
1907. 3,5 dz Kainit, 3,5 dz Thomasmehl, 1 dz Chilesalpeter.
Roggen mit Kleeeinsaat: 24 dz Körner, 30 dz Stroh.
1908. Klee. Zunächst im Herbste 1907, 1. Schnitt Stoppelklee;
1908. Zwei Schnitte sehr gut bestandenes Grünfutter.
1909. 1 dz Knochenmehl, 1,5 dz Ammoniaksuperphosphat (6 × 10), 1 dz Chilesalpeter.
Weizen: 30 dz Körner, 35 dz Stroh.

Für das Versuchsfeld in Göhrisch ergaben sich für den gleichen Zeitraum nachstehende Düngungs- und Erntezahlen:

1905. 350 dz Stalldünger.
Weizen: 32 dz Körner, 65 dz Stroh.
1906. 1 dz Chilesalpeter.
Hafer: 28 dz Körner, 35 dz Stroh.
1907. 300 dz Stalldünger.
Kartoffeln: 200 dz Knollen.
1908. 2 dz Knochenmehl.
Roggen: 21 dz Körner, 42 dz Stroh.
1909. 2 dz Superphosphat (18%), 1 dz Chilesalpeter.
Hafer: 20,5 dz Körner, 37 dz Stroh.

Für 1910 war auf dem Felde in Göhrisch Anbau von Leguminosen vorgesehen. Das Land war bis zum Frühjahre geschält liegen gelassen worden, um in dem durch die frischere Saatfurche gelockerten Acker das Saatgut tiefer vor hier besonders lästigem Vogelschaden zu bergen. Daß so kurz nacheinander (1905 und 1907) zweimal Stalldünger gegeben wurde, hängt

[1]) Herrn Rittergutsbesitzer Refardt in Großpößna bin ich für Mitteilung dieser Angaben zu besonderem Danke verpflichtet.

damit zusammen, daß eine neue Schlageinteilung eingeführt und infolgedessen auch der Übergang von der alten Fruchtfolge zu derjenigen der neugebildeten Schlaggruppe notwendig geworden war.

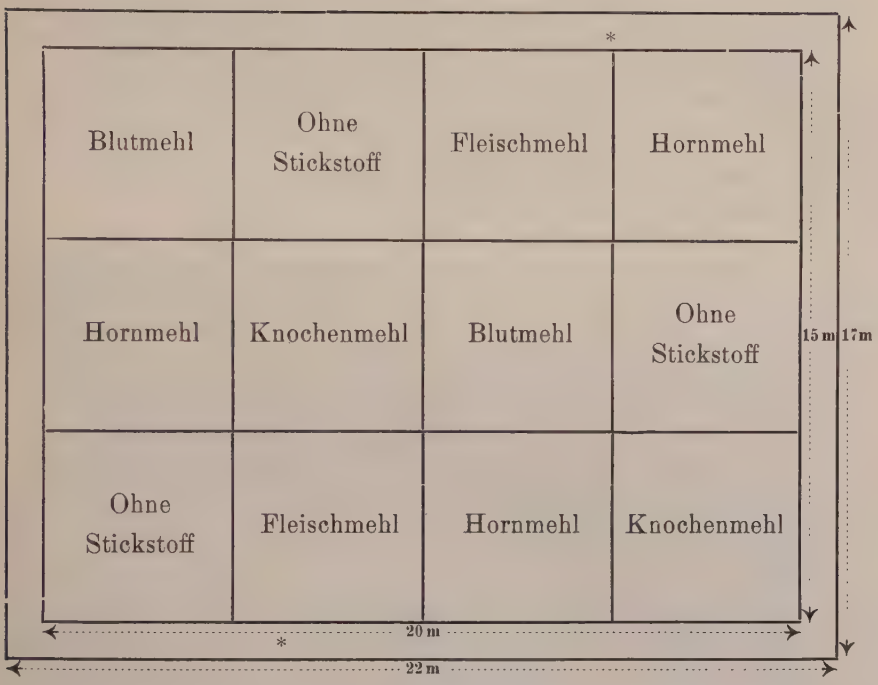
Beide Felder waren somit im Düngungszustande möglichst ähnlich und für den Versuch gut verwendbar, da in beiden Fällen die Stallmistdüngung ziemlich weit zurücklag und ein größerer Vorrat an leicht aufnehmbaren Nährstoffen nicht vorhanden war. Um dem Mangel an mineralogischen Nährstoffen vorzubeugen, wurde pro ha gleichmäßig eine Grunddüngung von 40 kg P_2O_5 und 60 kg K_2O gegeben. Jedes Stickstoff-Teilstück erhielt pro ha 30 kg N in der Form der betreffenden Stickstoffdünger. Eine verhältnismäßig so starke Stickstoffgabe konnte in dem Ertrag eines Jahres nicht zurückerwartet werden, zumal es sich um langsam wirkende Stickstoffdüngemittel handelte. Deshalb war von vornherein geplant, auch die Nachwirkung zu prüfen. Leider wurde jedoch eine Fortsetzung nur teilweise möglich, da in Oberholz das betreffende Flurstück in eine neue Schlageinteilung einbezogen wurde.

Der nach Fresenius ermittelte Kaligehalt des Kalidüngesalzes belief sich auf 40,6%. Das Superphosphat enthielt 18% wasserlösliche P_2O_5. An Gesamtstickstoff wurde (nach Kjeldahl) gefunden:

Hornmehl	13,603%
Blutmehl	13,032%
Fleischmehl	7,217%
Knochenmehl	2,726%

Beide Versuchsstücke wurden nach folgendem Plane eingeteilt und gedüngt (s. nebenstehend):

Als Größe der Teilstücke wählte ich 25 qm und umgab die Gesamtheit aller Teilstücke nach außen mit einem 1 m breiten Schutzstreifen, der in gleicher Weise bestellt wurde. Die Teilstücke lagen in gleichmäßig ebener Fläche und besaßen annähernd gleichmäßige Bodenbeschaffenheit, was auf einem kleinen Versuchsteilstücke leichter zu erreichen ist, als auf einem



großen. Allerdings sind dann etwaige Unterschiede bei der Umrechnung auf die große Einheitsfläche von 1 ha um so bedeutender.

Kali und Phosphorsäure erhielt die gesamte Fläche einschließlich des Schutzstreifens gleichmäßig. Um die schädliche Chlorwirkung des Kalidüngesalzes auf die dagegen besonders empfindliche Kartoffelpflanze möglichst zu verhüten, erfolgte das Ausstreuen in Göhrisch am 7. Februar und in Oberholz am 16. Februar, sodaß bis zum Beginne der Vegetation noch reichlich Zeit zur Verteilung des Chlors und seiner Versickerung in den Untergrund übrig blieb.

Die verschiedenen Stickstoffdünger wurden erst später gegeben, weil zu gleicher Zeit die Umsetzungsversuche im Laboratorium beginnen sollten, wozu am 16. März alles vorbereitet war. An diesem Tage wurden den einzelnen aus dem

Lageplane ersichtlichen Teilstücken beiderorts gegeben (30 kg N pro ha):

Hornmehl	0,551 kg
Blutmehl	0,563 „
Fleischmehl	1,693 „
Knochenmehl	2,759 „

Diese Mengen organischen Düngers, der eine rasche Zersetzung nicht ohne weiteres erwarten ließ, waren reichlich bemessen, denn nach Thaer[1]) liefert die Natur ungefähr 55 % des Stickstoffbedarfs der Ernten gegenüber der Düngung mit 45 %. Also fast die Hälfte des in der Ernte zurückgewonnenen Stickstoffs muß auf dem Wege der Düngung zugeführt werden. Der zu erwartende Ertrag war aber nicht so hoch, wie im Verhältnis zur Düngung vorausgesetzt werden konnte, und zwar aus verschiedenen noch zu erörternden Gründen. Von vornherein war klar, daß der in schwerlöslicher Form vorhandene Stickstoff nicht in einer Vegetationsperiode aufgebraucht werden konnte. Infolgedessen konnte die Armut an Stickstoffvorrat, auf die bei der Auswahl des Versuchsfeldes besonders Wert gelegt wurde, und damit der Einfluß einer Stickstoffdüngung um so deutlicher zum Ausdruck kommen.

c) Aussaat, Pflege und Ernte.

Für den Versuch galt als Grundsatz: alles den Verhältnissen entsprechend für beide Teile der Zeit und Art nach gleich auszuführen, soweit dies praktisch durchführbar und gerechtfertigt war. Die im Herbste geschälten Felder wurden vor dem breitwürfigen Ausstreuen der Grunddüngung gepflügt und darauf wurden die Versuchs-Teilstücke abgesteckt. Um das Saatbett zu festigen und das damit verbundene leichte Austrocknen zu verhüten, wurde die Ackerkrume mit Walze und Egge bearbeitet und der auf die einzelnen Teilstücke ausgestreute Dünger mit

[1]) Thaer, Beitrag zur Frage des Stickstoffbedarfs der Kulturpflanzen. Journ. f. Landw. 1884, 32, p. 567. Landw. Versuchsf. d. Univ. Gießen.

dem Rechen leicht eingeharkt. Anfang April war nach längerem trockenen Wetter der Boden so genügend erwärmt, daß an die Aussaat gedacht werden konnte. Deshalb wurde in Göhrisch am 13. und in Oberholz am 14. April die von Oberholz gelieferte Kartoffelsorte Abdul Hamid ausgelegt; diese, der Magnum bonum ähnliche, in ihren Erträgen nicht besonders hervorragende Paulsensche Züchtung war dazu bestimmt, zu zeigen, in welchem Maße die Stickstoffausnutzung aus Boden und Düngung durch eine Kulturpflanze erfolgt.

Insbesondere auf dem leichten, und infolgedessen der Gleichmäßigkeit wegen auch auf dem schweren Boden, schloß ich einen Standraumversuch an, der sich auf die folgenden, in der Literatur vorgefundenen Angaben über die für die Kartoffelpflanze erforderliche Fläche stützte. Ich wählte in Anbetracht der außerordentlich starken Düngung, die die Kartoffel am rentabelsten zu verwerten in der Lage ist, 1400 qcm, abweichend von der von Remy[1]) gestellten Forderung: „Unter 1600 qcm Standraum darf man bei den Kartoffeln unter keinen Umständen heruntergehen." „Kartoffelbau- und Düngungsversuche" von P. Bäßler sprachen für eine engere Pflanzung (1500 qcm). Strecker[2]) hatte bei seinen Versuchen auf mildem Lehmboden den höchsten Ertrag aller angebauten Sorten bei 1900 qcm erhalten, gleichzeitig aber auch den Anstoß gegeben, daß von anderer Seite Prüfungen ausgeführt wurden. So schloß Westermeier[3]) bei den in Kloster Hadmersleben mehrfach ausgeführten Versuchen am günstigsten bei 2500 qcm ab. Bachmann[4]) baute auf Sandboden Kartoffeln bei gleicher Düngung an und stellte über Größe der Pflanzkartoffeln und Standweite nachstehende Tabelle zusammen:

---

[1]) Remy, Der Kartoffelbau, 1909, p. 110.

[2]) Strecker, Steigerung der Kartoffelerträge. D. landw. Presse 1894, p. 231, 243.

[3]) Westermeier, Die Steigerung der Kartoffelerträge durch entsprechende Bemessung des Standraumes. Fühlings landw. Zeitung 1897, p. 60.

[4]) Bachmann, Ill. landw. Zeitung 1904, 21, p. 236.

	Größe	Standweite qcm	Saatquantum Ztr.	Ertrag pro ha Ztr.
1.	Mit kleinen Knollen	55×25	30,80	446,67
2.	„ mittleren Knollen	55×40	46,67	375,00
3.	„ großen halbierten Knollen	55×40	45,62	441,67
4.	„ „ ganzen Knollen	55×40	69,17	500,00

Die im Auszuge kurz wiedergegebenen Ausführungen Remys[1]) über seine eingehend darüber angestellten Untersuchungen besagen: „Günstige Kulturverhältnisse gestatten bei allen Pflanzen, bei welchen man nach Art der Hackfrüchte nicht mit Lagerschaden zu rechnen hat, in der Wahl der Pflanzweite eine verhältnismäßig große Bewegungsfreiheit.“ „Pflanzt man aber bei spärlich gegebenen Wachstumsbedingungen eng, verteilt diese also auf eine große Pflanzenzahl, so bleibt die Einzelpflanze kümmerlich und liefert nur geringe Erträge.“ Der Schluß, den Remy aus seinen Versuchen zieht, lautete folgendermaßen:

	1. Maximalerträge	2. Nicht sehr stark abfallende Erträge
Unter sehr günstigen Bedingungen	bei 3600 qcm	bei 1600–4000 qcm
„ ziemlich „ „	„ 2500 „	„ 1600–3600 „
„ mäßig „ „	„ 2025 „	„ 1600–2500 „

Den größten Einfluß auf die Produktion übt nach Kraus[2]) der Standraum aus, danach die Düngung und in letzter Linie die Bearbeitungstiefe. Hellriegel[3]) stempelt den einer Pflanze zur Verfügung stehenden Raum zum Produktionsfaktor, mit dem die erzeugte Pflanzenmasse in direktem Zusammenhange steht; beide seien einander sogar direkt proportional. Dem widersprechen indessen die Forschungen von Kraus[2]), Haberlandt,

[1]) Remy, l. c.

[2]) Kraus, Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik 17, 1894, p. 55.

[3]) Hellriegel, Beiträge zu den naturwissenschaftlichen Grundlagen des Ackerbaues, p. 118—263.

Lemmermann und Wollny. Der zuletzt genannte Forscher[1]) wies aber vor allem auf den Einfluß des Standraums in seiner Beziehung zu den wesentlichen Wachstumsförderern, Licht, Wärme und Feuchtigkeit, hin. Dicht stehende Pflanzen beschatten sich gegenseitig, wodurch die Assimilation vermindert und infolgedessen eine Abnahme des Ertrags hervorgerufen wird. Weiter wird durch allzu dichten Stand die Wärmezufuhr gehindert, die Wasserverdunstung hingegen durch die zahlreicheren Pflanzenorgane erhöht. Dieser bei an sich kaltem Boden in regenarmer Jahreszeit nicht zu unterschätzende Betriebsfehler erhöht die Betriebskosten unverhältnismäßig, ohne der Tätigkeit[2]) der Wurzeln genügend Rechnung zu tragen, ferner ohne Rücksicht darauf, daß Bodenfeuchtigkeit und Bodentemperatur auf die Lebewelt des Bodens wirkt.

Gerade für das zuletzt Gesagte sollte durch den Versuch einiges Beweismaterial erbracht werden. Es war zu erwarten, daß infolge des engen Standraumes Unterschiede in der Zersetzung und Wirkung der Stickstoffdünger auf den verschiedenen Böden in ihrer Abhängigkeit von der Mikroflora recht auffällig in die Erscheinung treten würden.

Die Saatknollen wurden auf 50×28 cm in einer 27 dz pro ha entsprechenden Menge mit dem Spaten auf 8—12 cm Tiefe ausgelegt. Zur Lockerung des Bodens zwecks Erhaltung des Wasservorrats sowie zur Vertilgung des schnellwüchsigen Unkrautes wurde in der Zeit vom 13.—20. Mai geegget und gehackt. Der Bindigkeit des Bodens entsprechend wurde das Versuchsfeld in Oberholz etwas mehr und häufiger bearbeitet; am 4. Juni wurden die Kartoffeln zum ersten Male und, nach abermaligem Behacken, am 27. Juni zum zweiten Male behäufelt. Vom 5.—15. Juli verlief die Hauptblütezeit, dem Stande der einzelnen Teilstücke nach, recht gleichmäßig.

---

[1] Wollny, Journ. f. Landw. 1881, p. 25, 217, 493; 1885, p. 145, 375.

[2]) Eingehend hat sich mit diesen Fragen der Bewurzelung, Bestockung und des Standraumes usw. beschäftigt und ausführliche Literatur zusammengestellt: W. Ebert, Inaug.-Dissert., Leipzig 1910. Mitt. d. Landw. Instituts d. Universität Leipzig, 10. Heft, 1910, p. 1—86.

Weniger Arbeit brauchte auf die Pflege des Versuches in Göhrisch verwandt zu werden. Das Behacken wurde am 16. Juni wiederholt, worauf das Behäufeln folgte. Am 13. Juni setzte die Blüte ein und war voll am 25. Juni.

Während der weiteren Entwicklung zeigte sich, nach dem Aussehen des Krautes zu urteilen, ein übereinstimmendes Verhalten der gleichgedüngten Teilstücke. Das besonders kräftige Wachstum auf den in Oberholz am Feldweg entlang gelegenen Parzellen war wohl darauf zurückzuführen, daß dieses Land in der Zeit, wo es das Vorende des damaligen Feldschlages bildete, eine etwas abweichende Behandlung erfahren hatte. Krankheiten und auffällige Unterschiede traten an keiner Stelle auf. Beiderorts ähnelten sich nach dem Stande von Anfang August die Teilstücke ohne Stickstoff und mit Blutmehl. Eine kräftigere Entwicklung zeigten die Hornmehl- und Knochenmehl-Teilstücke. Am üppigsten standen die Pflanzen auf den mit Fleischmehl gedüngten Stücken. In Göhrisch begann bereits Mitte August das Absterben der oberirdischen Pflanzenteile, obwohl die ausgepflanzte Sorte zu den spätreifen gehört. Um Verlusten vorzubeugen, wurde einstweilen das absterbende Kraut gesammelt und, nach Feststellung des Gewichts, in Säcken zum Trocknen aufbewahrt. Größere Verluste an Kraut hätten nicht vermieden werden können, wäre nicht in gleicher Weise am 3. September die Ernte vorgenommen worden. Allem Anscheine nach war die Stickstoffaufnahme als abgeschlossen anzusehen. Die Knollen wurden am gleichen Tage dem Felde entnommen. Für den frühzeitigen Eintritt der Reife können verschiedene Umstände in Betracht kommen, einmal der leichte Boden an sich, zum anderen der beschränkte Standraum, ferner die ungünstigen Witterungseinflüsse während der Vegetationszeit, die eine allgemein wenig befriedigende Kartoffelernte im Versuchsjahre zur Folge hatten.

Der Boden von Oberholz hatte bei dem regenarmen Vorsommer infolge seiner höheren Wasserkapazität eine stärkere Bewurzelung der Kartoffelstöcke bewirkt, so daß hier keine vorzeitige Reife eintrat. Da aber die sonstigen wirtschaftlichen

Maßnahmen durch eine bis zum Eintritt des Krautabsterbens hinausgeschobene Ernte sehr gestört worden wären, so fand am 15. September gleichzeitig die Kraut- und die Knollen-Ernte statt. Die den verschiedenen Teilstücken entnommenen, je 5 kg schweren Durchschnittsproben ergaben für die in Oberholz geernteten Knollen 14%, für Göhrisch 2% Boden, die von den Erntegewichten in Abzug gebracht werden mußten. An 2,5 kg Knollen von jedem Teilstück wurde der Wassergehalt und in der in dünnen Scheiben getrockneten und gemahlenen Substanz der Knollen der Gesamtstickstoffgehalt nach Kjeldahl bestimmt. Das Kraut wurde sowohl im frischen Zustande als auch lufttrocken gewogen und weiterhin ebenso wie die Knollen verarbeitet. Die Ergebnisse der einzelnen Bestimmungen sind in den im Anhange beigefügten Tabellen zusammengestellt.

Die hier zunächst in Betracht kommenden Werte für das Kartoffelkraut ergeben sich aus der nachstehenden Übersicht:

pro Teilstück	Gewicht der lufttrockenen Masse	Ohne Stickstoff	Gedüngt mit:			
			Hornmehl	Blutmehl	Fleisch-mehl	Knochen-mehl
		kg	kg	kg	kg	kg
Oberholz		3,290	3,690	3,760	3,690	3,490
		2,860	3,890	3,730	3,120	3,580
		2,900	3,420	—	—	—
	Mittel	3,017	3,667	3,745	3,540	3,535
	darin Stickstoff pro ha	19,680	26,050	26,000	22,390	22,130
Göhrisch		2,480	3,280	3,790	3,580	3,460
		2,470	3,400	3,460	3,110	3,130
		2,930	3,510	—	—	—
	Mittel	2,627	3,397	3,625	3,345	3,295
	darin Stickstoff pro ha	16,840	21,680	23,620	22,700	22,370

Setzen wir die Erntemengen, die auf den nicht mit Stickstoff gedüngten Teilstücken erzielt wurden, gleich 100, so ergeben sich für die anderen Parzellen folgende Verhältniszahlen:

		Hornmehl	Blutmehl	Fleisch-mehl	Knochen-mehl
Oberholz	Krautmenge	122	124	118	117
Göhrisch		134	138	127	125
Oberholz	An Stickstoff	132	132	114	112
Göhrisch	pro ha	129	140	135	133

Diese Zahlen zeigen, wenn auch nicht sehr bedeutende, so doch immerhin deutliche Unterschiede. Allerdings können sie insofern leicht irreführen, als es auf den ersten Blick so scheint, als ob der Boden von Oberholz geringeres geleistet hätte als der Acker von Göhrisch. Aus den Differenzen der absoluten Gewichtszahlen ist jedoch das Gegenteil zu ersehen. Gegenüber den für Göhrisch ermittelten Zahlen lieferte Oberholz:

	Ohne Stickstoff	Horn-mehl	Blutmehl	Fleisch-mehl	Knochen-mehl
	kg	kg	kg	kg	kg
An Kraut pro $^1/_4$ a	+ 0,39	+ 0,27	+ 0,12	+ 0,195	+ 0,24
An Stickstoff pro ha	+ 2,84	+ 4,37	+ 2,38	− 0,31	− 0,24

Die etwas niedrigeren Stickstofferträge bei Fleischmehl- und Knochenmehldüngung finden ihre Erklärung in dem geringeren prozentischen Stickstoffgehalte der lufttrockenen Masse. Diese Proben enthielten im Durchschnitte an Gesamtstickstoff in Prozent:

	Ohne Stickstoff	Hornmehl	Blutmehl	Fleischmehl	Knochen-mehl
Oberholz	1,631	1,736	1,736	1,581	1,565
Göhrisch	1,603	1,596	1,629	1,696	1,697

Ein Einfluß der Stickstoffgaben auf die Zusammensetzung der oberirdischen Pflanzenteile läßt sich aus diesen Befunden nicht ableiten. Auf den mit Stickstoff gedüngten Teilstücken wurde gegenüber denjenigen, die nur Kali und Phosphorsäure erhalten hatten, an Stickstoff pro ha mehr geerntet bei:

	Hornmehl kg	Blutmehl kg	Fleischmehl kg	Knochenmehl kg
In Oberholz	6,37	6,32	2,71	2,45
In Göhrisch	4,84	6,78	5,86	5,53

Die Zersetzung und Wirkung des Blutmehls gestaltete sich somit auf beiden Böden gleichmäßig und vorteilhaft, Hornmehl wirkte besser in Oberholz, doch auch noch gut in Göhrisch, Fleisch- und Knochenmehl wenig in Oberholz, besser in Göhrisch.

Streifen wir mit einem Blicke die Zahl der zur Entwicklung gekommenen Stöcke, so ist die Lückenhaftigkeit in Göhrisch nicht auf das Saatgut an sich zurückzuführen, denn dieses entstammte der Versuchswirtschaft und war so weit als dies praktisch möglich ist sehr gut und gleichmäßig. Wohl aber kann die Wachstumskraft durch den Versand geringer geworden sein, da durch Werfen und Stoßen einige Knollen gelitten hatten, die unachtsamerweise noch mit ausgelegt waren, die sich dann aber nicht oder nur schwach entwickelten. In Prozent der ausgelegten Knollen fehlten im Durchschnitte bei den einzelnen Düngemitteln:

	Ohne Stickstoff	Hornmehl	Blutmehl	Fleischmehl	Knochenmehl
Oberholz	1,87	0,75	0,84	1,12	0,84
Göhrisch	8,24	4,49	5,90	9,27	6,18

Im allgemeinen bilden die Knollen den praktisch wichtigsten Teil der Kartoffel, bei diesem Versuche bedeuten sie nur Pflanzenmasse, die, zusammen mit den oberirdischen Teilen, ihrerseits ebenfalls zur Erkenntnis des Wirkungswertes der organischen Dünger heranzuziehen ist. Geerntet wurde an Knollen auf den einzelnen Teilstücken:

	Ohne Stickstoff	Hornmehl	Blutmehl	Fleisch-mehl	Knochen-mehl
	kg	kg	kg	kg	kg
	[34,0]	34,3	33,3	[39,4]	34,4
Oberholz	30,0	[38,0]	32,7	31,5	[37,8]
	30,1	30,4	—	—	—
Mittel	31,4	34,2	33,0	35,5	36,1
	45,8	48,4	49,6	48,3	46,5
Göhrisch	44,0	47,1	45,1	60,5	44,5
	45,2	47,8	—	—	—
Mittel	45,0	47,8	47,4	54,4	45,5

Die in Klammer gesetzten Zahlen in Oberholz sind wahrscheinlich durch das frühere Vorende veranlaßt und weichen um ca. 4 kg von den parallelen ab. Bringt man diese Differenz von dem wirklich ermittelten Gewicht in Abzug, so würde man zu folgendem Mittelwerte gelangen:

Ohne Stickstoff	Hornmehl	Blutmehl	Fleischmehl	Knochenmehl
30,0 kg	32,9 kg	33,0 kg	33,5 kg	34,1 kg

Indessen erscheint es nicht angezeigt, diese berechneten Werte an Stelle der wirklich ermittelten einzusetzen, zumal nicht nachgewiesen werden konnte, in welchem Umfange der Stickstoffgehalt der Knollen dieser fraglichen Teilstücke beeinflußt wurde. Auf keine Weise vermochte ich zu ergründen, worauf der außerordentlich abweichende Ertrag des einen Fleischmehl-Teilstückes in Göhrisch zurückzuführen ist, es sei denn auf den durch Lückenhaftigkeit größer gewordenen Standraum; denn infolge von 9,3 % Fehlstellen stand den anderen Pflanzen durchschnittlich 1560 qcm Raum zur Verfügung. Die hierdurch ermöglichte kräftigere Entwicklung konnte den Mehrertrag hervorgerufen haben.

Wird der ohne Stickstoffdüngung erzielte Ertrag gleich 100 gesetzt, so ergeben sich unter gleichzeitiger Berücksichtigung des Stickstoffgehaltes der Knollen folgende Verhältniszahlen:

		Ohne Stickstoff	Hornmehl	Blutmehl	Fleischmehl	Knochenmehl
Ertrag an Knollen	Oberholz	100	109	105	113	117
	Göhrisch	100	106	105	121	101
% Stickstoff der Knollen	Oberholz	0,358	0,342	0,357	0,354	0,320
	Göhrisch	0,273	0,297	0,290	0,296	0,300
Stickstoffertrag pro ha in kg	Oberholz	44,93	46,72	47,13	50,20	46,21
	Göhrisch	49,13	56,74	54,92	64,41	54,60
Mehrerträge an Stickstoff in kg	Oberholz	—	1,79	2,20	5,27	1,28
	Göhrisch	—	7,61	5,79	15,28	5,47
Wirkungswert des Düngerstickstoffs	Oberholz	100	104	105	112	103
	Göhrisch	100	115	112	131	111

Im Vergleich zu den für das Kraut ermittelten Zahlen ist der Fleischmehlstickstoff bei der Ausbildung der Knollen wesentlich intensiver zur Wirkung gelangt. Das Blutmehl ist in seiner Wirkung auf den Ertrag in Oberholz an die letzte, in Göhrisch an die vorletzte Stelle getreten; es steht hier unmittelbar vor dem Knochenmehl. Betreffs des prozentischen Stickstoffgehalts der Knollen steht es in Oberholz an erster, in Göhrisch an letzter Stelle; doch ist bei den Knollen ebensowenig wie beim Kraut irgend eine bestimmte Beziehung zwischen Düngung und Stickstoffgehalt der Pflanzenmasse herzuleiten. Am besten kommt die Düngerwirkung in den pro ha geernteten Stickstoffmengen zum Ausdruck, da in diesen Knollengewicht und Stickstoffprozente gleichzeitig erkennbar werden.

Während in Oberholz relativ viel Kraut geerntet wurde, überwog in Göhrisch der Knollenertrag. Die Mehrernten betrugen in diesem Falle:

An	Ohne Stickstoff kg	Hornmehl kg	Blutmehl kg	Fleischmehl kg	Knochenmehl kg
Knollen pro Parzelle	13,6	13,6	14,4	18,9	9,5
Stickstoff pro ha	4,2	10,02	7,79	14,21	8,39
Knollen pro ha	5440	5440	5760	7560	3800

Auf anderen Flurstücken der beiden Böden zeigten die Erträge im Versuchsjahre das gleiche Verhalten, weil in der ersten Wachstumsperiode zu große Trockenheit herrschte und in der zweiten zu viel Niederschläge fielen. Die Höhe der Erträge wurde auf dem leichten Boden nicht oder sehr wenig beeinflußt, nur die Haltbarkeit erlitt z. T. eine Einbuße. Dagegen waren gerade auf dem Versuchsfelde bei der geringen Standweite die größeren Mengen Feuchtigkeit durchaus am Platze.

Um die dem Boden und der Düngung entzogenen Stickstoffmengen festzustellen und danach den Grad der Zersetzung und Wirkung der verschiedenen Düngemittel in beiden Böden zu erfahren, fassen wir die in Kraut und Knollen geernteten Stickstofferträge pro ha zusammen:

		Ohne Stickstoff	Hornmehl	Blutmehl	Fleischmehl	Knochenmehl
Oberholz	Stickstoff in Kraut u. Knollen	64,61 kg	72,77 kg	73,13 kg	72,59 kg	68,34 kg
	Mehrerträge	—	8,16 kg	8,52 kg	7,98 kg	3,73 kg
	Ausnutzung in %	—	27,20 %	28,4 %	26,6 %	12,4 %
Göhrisch	Stickstoff in Kraut u. Knollen	65,97 kg	78,42 kg	78,54 kg	87,11 kg	76,97 kg
	Mehrerträge	—	12,45 kg	12,57 kg	21,14 kg	11,00 kg
	Ausnutzung in %	—	41,5 %	41,9 %	70,5 %	36,67 %

Nach der Stickstoffwirkung geordnet folgen einander:

in Oberholz:		in Göhrisch:	
Blutmehl	28,4 %	Fleischmehl	70,5 %
Hornmehl	27,2 %	Blutmehl	41,9 %
Fleischmehl	26,6 %	Hornmehl	41,5 %
Knochenmehl	12,4 %	Knochenmehl	36,67 %

Der leichtere Boden hat sich demnach auch in diesem Falle viel tätiger und für eine Düngung mit organischen Stoffen dankbarer erwiesen als der träge, an Nährstoffen reichere schwere Boden, der leichtlösliche, schnell wirksame Düngung bevorzugt.

Wie weit sich die im vorliegenden Falle beobachtete Zersetzung und Wirkung der organischen Stickstoffdünger mit dem in der Literatur hierüber Mitgeteilten deckt, ist schwer zu sagen, da immer das Verhältnis zum Salpeter = 100 zugrunde gelegt wurde.

Eckenbrecher[1]) schließt auf Grund zweijähriger Versuche: „Der Stickstoff in Form von Blut-, Knochen- und Hornmehl übt im allgemeinen eine gleichgünstige Wirkung aus." Johnson, Britton und Jenkins[2]) stellten durch „Vegetationsversuche zur Bestimmung der Wirksamkeit des organischen Stickstoffs in Düngemitteln" bei Hafer fest: Blutmehl : Hornmehl = 68 : 62 und erhielten in der Ernte vom Stickstoff im Dünger 46,5% und 42,5% zurück. Nach Stahl-Schröders[3]) Düngungsversuchen mit Knochenmehl verhalten sich Hornmehl : Knochenmehl = 26 : 74. Die von Kreuzhage, Hölzle und Morgen[4]) zur Prüfung des Fleischmehls ausgeführten Versuche ergaben eine Stickstoffausnutzung won 59% im Vergleich zum Salpeter. Wirksamkeit und Ausnutzung waren etwas niedriger als beim Knochenmehle. Sigmond[5]) fand Hornmehl : Blutmehl = 90 : 67. Vorhees und Lipmann[6]) bewerten übereinstimmend mit Sigmond den Blutmehlstickstoff auf 64,4% der Salpeterwirkung in 10jährigem Durchschnitt. Im Widerspruch zu Stahl-Schröder berichtet Liechti[7]) nach zweijährigen Untersuchungen, daß bei Gaben

---

[1]) E. v. Eckenbrecher, Tagebl. d. 57. Versmlg. Deutscher Naturforscher, 1884, p. 177.

[2]) Johnson, Britton und Jenkins, 19 Ann. Rep. of the Conn. Agric. Exp. Stat. for 1895, 99; referiert nach Zentralblatt für Agrikulturchemie 1897, p. 341.

[3]) Stahl-Schröder, Baltische Wochenschrift 1897, p. 131.

[4]) Kreuzhage, Hölzle und Morgen, Bericht der Versuchsstation Hohenheim, 1898, p. 52.

[5]) Sigmond, Landw. Versuchsstat. LIX, 1904. p. 179.

[6]) E. B. Vorhees und J. G. Lipmann, New Jersey Stat. Bull. 221, 3—52, ref. nach Expr. Stat. Rec. 1909, 21, 529.

[7]) P. Liechti, Ber. d. schweiz. agrik.-chem. Anstalt Bern (Liebefeld) für das Jahr 1908, 599.

von 0,5 und 1,0 g Hornmehl und 0,5 und 1 g Knochenmehl die Wirkung des Hornmehlstickstoffs wesentlich höher gewesen sei als diejenige des Knochenmehlstickstoffs. Popp[1]) setzt Blutmehl : Hornmehl : Fleischmehl : Knochenmehl = 70 : 70 : 60 : 55 an. Die widersprechenden Hornmehlwirkungen bei Stahl-Schröder und Sigmond mögen in der Verschiedenheit des Materials begründet sein.

Auf die von P. Wagner veröffentlichten umfangreichen Untersuchungsergebnisse über die Wirkung organischer Stickstoffdünger einzugehen, erscheint nicht geboten, da die Zuverlässigkeit der Wagnerschen Zahlen gerade jetzt infolge der von v. Soxhlet behaupteten, nicht einwandfreien Gewinnung sehr in Frage gestellt ist.

d) Das Wetter.

Die Einzelergebnisse der Versuche haben zwar gewisse, die Einheitlichkeit störende Einflüsse erkennen lassen, immerhin bleibt die Abhängigkeit des Gesamtergebnisses von Düngung und Wetter unverkennbar. Diese Ertragszahlen mit den Witterungsdaten des Versuchszeitraums in Beziehung zu bringen, ist möglich mit Hilfe der Normalzahlen des betreffenden Ortes. Aus den Abweichungen von diesen Werten sind die Gründe für auffällige Jahresunterschiede hauptsächlich herzuleiten. In dankenswerter Weise wurden mir diese auf 20-jährigen Beobachtungen beruhenden Zahlen von der Königl. Landeswetterwarte zur Verfügung gestellt, und zwar wurden diejenigen von zwei Beobachtungsstationen herangezogen: die Normalwerte von Leipzig, von dem Oberholz nur 13 km, und von Meißen, von dem Göhrisch 9 km entfernt ist. Bei den geringen Entfernungen können wohl die für die Versuchsorte vielleicht vorhandenen Abweichungen von den Normalwerten bei der Beurteilung des Witterungseinflusses außer acht gelassen werden.

---

[1]) Popp, Die landw. Versuchsstat. 68, 1908, p. 298.

Die in den Tabellen III und IV des Anhangs enthaltenen Angaben wurden berechnet auf Grund der täglich zu gleicher Zeit 8^h morgens in Oberholz und Göhrisch gemachten Aufzeichnungen. Der Übersichtlichkeit wegen wurden diese zunächst in Monatsdrittel zusammengezogen, und die sich hieraus für den ganzen Monat ergebenden Durchschnittswerte mit den Normalwerten verglichen.

Den Luftdruck für Oberholz anzuführen, ist nicht möglich, da hierüber keine Aufzeichnungen existieren. Mit Rücksicht darauf, daß der Luftdruck nur einen mittelbaren Einfluß auf das Pflanzenwachstum ausübt, ist er nur von untergeordneter Bedeutung für die Versuche. In Göhrisch stand das Barometer während der Versuchsdauer auffälligerweise fast immer höher als normal, ganz besonders gilt dies für das letzte Drittel des März und den Septemberanfang (+ 9,5; + 9,7 gg Norm). Die auffälligsten Schwankungen innerhalb 24 Stunden waren vom 19.—20. März (749,5—758 mm), vom 17.—18. April (749,5—759 mm), das Maximum am 20. Juni 765 mm und das Minimum am 26. Juni 747,5 mm, wobei jedoch nur Wechsel in der Windrichtung ohne sonstige Änderung des Wetters eintrat.

Wichtiger als der Luftdruck sind die Temperatur und ihr Wechsel, in erster Linie die Mittel-Tagestemperaturen, die sich in Oberholz mit Ausnahme des Juni (+ 1°) unter Normal (Juli — 1,9°) hielten. Dagegen waren in Göhrisch März, Juli (— 0,8°), August und September zu kalt; April, Mai (+ 1,9°) und Juni (+ 3,1°) über normal warm. Diese besonders auffällig warme Periode konnte die Umsetzungen im Boden und damit die Düngerwirkung kaum anders als vorteilhaft beeinflussen. Die nur für Sandboden vorhandenen Normalzahlen für die Bodentemperatur in 10 cm Tiefe wichen nur im März (— 1,1°) und im Juli (+ 2,2°) von den Mittelwerten ab. Da besonders diese Werte (Bodentemperatur) auf das Bakterienwachstum wirken, seien sie hier für beide Orte in ihren Monatswerten angeführt:

Monat	Oberholz	Göhrisch
März	2,7°	2,7°
April	5,9°	5,8°
Mai	11,4°	12,6°
Juni	16,5°	17,2°
Juli	14,7°	15,3°
August	15,7°	16,0°
September	13,0°	12,3°

Die Zahlen lassen erkennen, daß die Durchwärmung und Abkühlung des leichten Bodens rascher von statten geht als diejenige des schweren Bodens, was der Bakterientätigkeit kaum nützlich sein dürfte. Das Maximum war bis auf August in Oberholz durchweg höher, aber nicht dementsprechend in Göhrisch das Minimum immer niedriger. Wenn auch im März und April in Göhrisch (nicht in Oberholz) Tage mit Frost vorkamen, so kühlte sich doch die Luft in den anderen Monaten in Göhrisch nicht so sehr ab wie in Oberholz, was bei dem die Wärme rascher leitenden Boden auch auf die Bodentemperaturen und damit auf die in der Erde verlaufende Zersetzung deprimierend eingewirkt hätte.

Die meiste Berücksichtigung verdienen von allen Witterungsdaten zweifellos Regen und Sonnenschein, da mit diesen alle anderen Faktoren mehr oder weniger in Beziehung stehen. Mit dem Campbell-Stokeschen Sonnenscheinautographen wurde in Oberholz die tägliche Sonnenscheindauer festgestellt. Für Göhrisch wurden die für Meißen ermittelten Zahlen angenommen. Für beide Orte wurden außerdem noch die Bewölkungsprozente und die Sonnenscheinstunden mit den Normalzahlen verglichen.

Während des ganzen Sommers blieb an beiden Orten die Sonnenscheindauer unter normal; im Juli betrug diese Differenz in Göhrisch — 102, in Oberholz — 123 Stunden, im August in Göhrisch — 81, in Oberholz — 94 Stunden.

Die Niederschlagsmenge ist für die Versuchszeit dahin zu charakterisieren, daß in der Zeit, wo der Regen für eine vorteil-

hafte Zersetzung und Wirkung der Stickstoffdünger am notwendigsten gewesen wäre, es dauernd daran mangelte und erst zu spät, auch nur in Oberholz, ein Überfluß an Niederschlägen eintrat. In Göhrisch hielt sich die Niederschlagsmenge immer außer August (+ 2,7 mm) teilweise sogar beträchtlich (Mai — 44 mm) unter normal, während Oberholz im März, April, Mai (— 20,3 mm), Juni etwas weniger, im Juli (+ 73,2 mm), August, September (+ 48,2 mm) bedeutend mehr Regenhöhe aufzuweisen hatte. Da „der Ertrag der Feldpflanzen erfahrungsgemäß immer von dem im Minimum vorhandenen Wetterelement beeinflußt wird, so führte Grohmann[1]) Wettereinheiten (E) für je 20 Sonnenscheinstunden (s) und 10 mm Niederschlag (r) ein, die bei Kartoffeln noch in zwei Perioden: 1. von der Saat bis zur Blüte und 2. von der Blüte bis zur Ernte zerfallen. Nach der am a. O. dargelegten besonderen Berechnungsweise für Hackfrüchte, insonderheit für Kartoffeln, gestaltet sich die Zusammenstellung aus Erträgnissen und Wettereinheiten für den vorliegenden Fall wie folgt:

Oberholz 1; 22 s : 13 r = 13+5 = 18 E
2; 16 s : 29 r = 16−7 = 9 E
zusammen = 27 E,

Göhrisch 1; 22 s : 11 r = 11+6 = 17 E
2; 21 s : 13 r = 13+4 = 17 E
zusammen = 34 E,

bei einer Menge des Winterniederschlages von 228 mm. Die Stickstofferträge in Kraut und Knollen betragen dann auf je 1 Wettereinheit pro ha bei den verschiedenen Düngemitteln:

		Kraut kg N	Knollen kg N	Summe kg N
Oberholz	Ohne Stickstoff	0,7289	1,664	2,3629
	Gedüngt mit Hornmehl	0,9648	1,730	2,6948
	Gedüngt mit Blutmehl	0,9630	1,746	2,7090
	Gedüngt mit Fleischmehl	0,8293	1,859	2,6883
	Gedüngt mit Knochenmehl	0,8196	1,712	2,5316

[1]) Grohmann, Mitteilungen der D. L.-G. 1910, p. 428ff.

			Kraut kg N	Knollen kg N	Summe kg N
Göhrisch	Ohne Stickstoff		0,4953	1,445	1,9403
	Gedüngt mit	Hornmehl	0,6376	1,669	2,3066
		Blutmehl	0,6947	1,615	2,3097
		Fleischmehl	0,6676	1,894	2,5616
		Knochenmehl	0,6579	1,616	2,2639

Diese Zahlen gewinnen erst an Wert, wenn sie anregen, des öfteren mehrjährige Beobachtungen in diesem Sinne anzustellen. Erst dann würden sich auf die Brauchbarkeit und die wirtschaftliche Bedeutung der erhaltenen Erntezahlen Schlüsse ziehen lassen. Die einjährigen Resultate reichen hierzu nicht aus. Immerhin kann gesagt werden, daß mit Hilfe dieser Berechnung von Jahr zu Jahr zuverlässigere, vergleichbare Wirkungsprozente gefunden werden und die Düngerwirkungen klarer zum Ausdruck kommen müssen.

In dem ganzen Aufbau des Grohmannschen Rechnungssystems bestehen allerdings noch viel willkürliche Annahmen, und es muß weiteren Prüfungen und Erfahrungen überlassen bleiben, über deren Berechtigung zu entscheiden.

IV. Umsetzungsversuche.

Von verschiedenen Seiten ist der Versuch gemacht worden, auf bodenbakteriologischer Grundlage durchgeführte Untersuchungen mit Feldversuchen zwecks gegenseitiger Kontrolle zu verknüpfen. Dementsprechend stellte ich auch mir die Aufgabe, die Biologie der beiden Böden, insbesondere die Zersetzung und Wirkung organischer Stickstoffdünger darin zu studieren, indem ich im Laboratorium weitere Versuche, neben dem Feldversuch herlaufend, in Gang brachte. Ich arbeitete hierbei nach dem gleichen Verfahren, das sich nach den Untersuchungen

von Remy[1]), Löhnis und Parr[2]), Lipmann und Vorhees[3]), Stern[4]) usw. als brauchbar erwiesen hatte. Meine Arbeit kann als Fortsetzung und Erweiterung derjenigen Sterns gelten.

Die Umsetzungen wurden teils bei Luftzutritt, teils unter Luftabschluß durchgeführt. In beiden Fällen wurden dieselben Lösungen benutzt, und zwar 50 ccm Leitungswasser mit 0,5 ‰ K_2HPO_4 und 1 % Hornmehl oder Blutmehl, oder 2 % Fleischmehl, oder 5 % Knochenmehl. Löhnis und Parr[5]) haben durch eingehendere Untersuchungen festgestellt, daß das Leitungswasser speziell bei Versuchen über Ammoniakbildung aus organischen Stoffen einen vollkommen ausreichenden Ersatz für das in anderen Fällen vorzuziehende Bodenextrakt darstellt und unbedenklich angewendet werden kann.

Für die Umsetzungen bei Luftzutritt stellte ich die jedesmal frisch bereitete Lösung in 100 ccm-Verbrennungskölbchen her und fügte dann 10 % Impferde hinzu. Für die Versuche unter Luftabschluß wurden ca. 25 cm hohe, 3 cm weite dickwandige Reagenzgläser verwendet. Die Versuchsdauer wurde auf drei Wochen bemessen; nach den Untersuchungen von Löhnis[6]) und Parr[7]) darf dieser Zeitraum als geeignet angesehen werden. Der Inhalt der Gefäße wurde nach dieser Zeit restlos in die Destillierkolben übergespült und nach Zusatz von etwa 5 g Magnesiumoxyd durch halbstündiges Kochen das vorhandene Ammoniak (einschließlich eines kleinen Teiles des Amidstickstoffs) in die zur Bindung vorgelegte $\frac{n}{10}$ Schwefelsäure überdestilliert. Durch Rücktitration mit ca. $\frac{n}{10}$ Ammoniak fand ich dann aus der Differenz der vorgelegten und der neutralisierten Säure unter Berücksichtigung des Titers die Menge des Ammoniak-Stickstoffs (1 ccm H_2SO_4 = 1,4 mg N).

---

[1]) Remy, Centralbl. f. Bakt. II, Abt. 8, p. 657.

[2]) Löhnis und Parr, Ebenda, Abt. 17, p. 518.

[3]) Lipmann und Vorhees, 26th Annal. Rep. of the New-Jersey State, Agric. Exp. Stat. for the year 1905, p. 225.

[4]) Stern, Inaug.-Dissert., Leipzig 1910.

[5]) Löhnis u. Parr, l. c. p. 520.

[6]) Löhnis, l. c. p. 98, 99.

[7]) Parr, l. c. p. 11.

Zum Teil wurde der Inhalt des Versuchskolbens nach dem Impfen durch 10 Minuten langes Erhitzen im strömenden Dampfe pasteurisiert. Einige Tage vor dem Destillieren wurde in mit je 10 ccm gleicher Nährlösung (ohne Erde) beschickte, bei 2 Atm. im Autoklaven sterilisierte Reagenzgläser durch Übertragung von 3 Platinösen Material aus den Rohkulturen übergeimpft. Nachdem hierin die Entwicklung hinreichend fortgeschritten war, dienten diese Gläser als Ausgangsmaterial für die Gewinnung von Reinkulturen, worauf später an den betreffenden Stellen zurückzukommen sein wird.

Die für anaërobe Versuche bestimmten Gläser wurden nach Wright-Burri verschlossen.[1])

Die zum Impfen benötigte Erde wurde den Versuchsstücken unter möglichst gleichen Verhältnissen entnommen. Die räumliche Entfernung beider Orte gestattete am Morgen in Göhrisch und am Nachmittag in Oberholz an zwei während der Versuchsdauer beibehaltenen, im Plane durch Sternchen bezeichneten Stellen die Erdproben zu entnehmen. Zu diesem Zwecke wurden zunächst mit dem Spaten Löcher von 20×20 cm ausgehoben und aus etwa 10 cm Tiefe mit einem Löffel Erde in sterilisierte dichtschließende Glasbüchsen gefüllt. Noch am selben Tage wurde durch Trocknen bei 105° bis zur Gewichtsbeständigkeit der Wassergehalt der Erdproben bestimmt. Gerade diese Zahlen sowie die Temperaturen in gleicher Bodentiefe müssen bei Beurteilung der erlangten Ergebnisse unbedingt beachtet werden, wie Löhnis[2]), Thiele[3]) und andere gezeigt haben, denn für ein günstiges Wachstum der Mikroorganismen im Boden sind eine nicht zu tiefe Temperatur und genügender Luft- und Wassergehalt wesentlich. Für die verschiedenen Versuchsreihen ergaben sich folgende Zahlen:

---

[1]) Vgl. Kürsteiner, Centralbl. f. Bakt., II., Abt. 19, 1907, p. 23 f.

[2]) Löhnis, Habilitationsschritt, Leipzig 1905, p. 95.

[3]) Thiele, Verh. d. Gesellsch. Deutscher Naturf. u. Ärzte, 76. Vers., II, 1, p. 177.

Tag	Wassergehalt %		Bodentemperatur ° C.	
	Oberholz	Göhrisch	Oberholz	Göhrisch
16. März	13,16	9,63	+1,6	+3,0
14. April	12,17	8,75	8,0	9,0
25. Mai	11,23	7,94	15,5	16,0
23. Juni	11,26	7,73	17,8	17,0
[6. August[1])	10,51	6,16]	—	—
5. Oktober	13,74	8,74	12,0	11,5

Roh- wie Reinkulturen, gleichviel ob aërob oder anaërob, wurden im Halbdunkel des Thermostaten bei 20° aufbewahrt.

Allgemein ist über den Verlauf der Versuche zu sagen, daß an den Versuchsreihen im Verhältnis zur Jahreszeit keine bedeutenden Unterschiede wahrnehmbar waren. Der Inhalt der Kölbchen und Reagenzgläser war getrübt, mehr oder weniger proportional der Intensität des Zersetzungsgeruchs. Am stärksten und auffälligsten war dies bei Fleischmehl der Fall, in abnehmendem Grade bei Hornmehl, Knochenmehl und Blutmehl. Auch bei den Anaëroben war mit der geringen Gasbildung eine geringe Trübung verbunden. Näheres wird bei der Besprechung des Verhaltens der einzelnen Düngemehle mitzuteilen sein.

Hornmehl.

Die Zersetzung dieses Düngers ist von verschiedenen Autoren nicht nur durch Düngungsversuche, sondern auch durch spezielle Experimente im Laboratorium geprüft worden, wobei sich ergab, daß der Stickstoff in relativ leicht ausnutzbarer Form vorhanden zu sein pflegt[2]). In Prozenten des Gesamtstickstoffs enthielten die Versuchskolben an Ammoniakstickstoff folgende

[1]) Zu der am 6. August in Gang gebrachten Versuchsreihe wurde ein Teil der Erde verwendet, die am 23. Juni dem Felde entnommen und dann im Laboratorium (bei Zimmertemperatur) aufbewahrt worden war.

[2]) Löhnis hat über alle 4 Dünger die einschlägige Literatur in seinem Handbuch der landw. Bakteriologie (1910, p. 587—589) zusammengestellt, worauf zu verweisen ist.

Mengen (Mittelwerte aus den in Tabelle V mitgeteilten Einzelbefunden):

Geimpft mit Erde	bei Luftzutritt		bei Luftabschluß	
	nicht pasteurisiert	pasteurisiert	nicht pasteurisiert	pasteurisiert
von Oberholz	35,25 %	31,86 %	15,31 %	10,86 %
„ Göhrisch	36,37 %	33,68 %	16,29 %	17,35 %

Ein allerdings nur kleines Übergewicht des leichteren Bodens ist stets vorhanden. In Übereinstimmung mit Sterns[1]) Beobachtungen geht aus den Zahlen ferner deutlich hervor, daß die Anaërobentätigkeit bei der Hornmehlzersetzung nur von untergeordneter Bedeutung ist. Das Pasteurisieren wirkte im allgemeinen deprimierend auf die Umsetzungsintensität ein; nur die mit Erde von Göhrisch geimpften, unter Luftabschluß gehaltenen Versuche zeigten ein wenn auch nur wenig abweichendes Verhalten.

Die einzelnen Versuchsreihen lieferten folgende Resultate:

Umgesetzt in % des Gesamtstickstoffs			März %	April %	Mai %	Juni %	August %	Oktbr. %
Erde von Oberholz	aërob	nicht pasteurisiert	32,70	35,53	40,85	34,45	—	—
		pasteurisiert	—	37,70	32,06	33,04	24,63	—
	anaërob	nicht pasteurisiert	—	—	9,23	23,29	—	—
		pasteurisiert	—	—	—	—	9,28	11,66
Erde von Göhrisch	aërob	nicht pasteurisiert	36,06	36,52	37,53	35,71	—	—
		pasteurisiert	—	35,73	42,61	30,76	25,60	—
	anaërob	nicht pasteurisiert	—	—	8,98	25,46	—	—
		pasteurisiert	—	—	—	—	8,99	21,54

Ein geringes Ansteigen der Ammoniakbildung bis Mai ist deutlich wahrnehmbar. Daß im Mai die Erde von Oberholz höhere Werte lieferte als die Erde von Göhrisch, hier aber die Sporenbildner ausnahmsweise besonders aktiv waren, dürfte wohl

[1]) Stern, l. c.

darauf zurückzuführen sein, daß der Bakterienbestand im Boden von Göhrisch unter der zu dieser Zeit im leichten Boden herrschenden Trockenheit mehr gelitten hatte als in Oberholz

Die relativ sehr geringe Wirksamkeit der Anaëroben widerspricht der weitverbreiteten Annahme, derzufolge gerade diese Organismen am energischsten an den Umsetzungen beteiligt seien. Daß das Impfmaterial vom Juni — im August nochmals verwendet — etwas geringere Umsetzungen hervorrief, dürfte mit dem teilweisen Wasserverluste in Zusammenhang zu bringen sein.

Die August- und Oktoberreihen waren insbesondere dazu bestimmt, den auf die anaëroben Sporenbildner entfallenden Anteil kennen zu lernen. Das Ansteigen des Zersetzungsgrades im Oktober scheint darauf hinzuweisen, daß, wie bei anderen Stickstoffumsetzungen[1]), so auch bei der Hornmehlzersetzung zwei Jahresmaxima vorhanden sind.

Blutmehl.

Die Versuche über Blutmehlzersetzung lieferten mir ähnliche Ergebnisse, wie sie von Parr und Stern erhalten worden waren. Im Vergleich zu den übrigen in dieser Hinsicht geprüften Düngemitteln wurde es nur sehr schwach angegriffen. Die fast geruchlosen Kulturen zeigten eine nur sehr geringe Trübung und die Umsetzung ging, wie zu erwarten war, nur schwach vor sich, wie man aus den folgenden Durchschnittszahlen ersieht:

Geimpft mit Erde	bei Luftzutritt		bei Luftabschluß	
	nicht pasteurisiert	pasteurisiert	nicht pasteurisiert	pasteurisiert
von Oberholz	10,75 %	9,06 %	7,88 %	4,53 %
„ Göhrisch	11,42 %	9,05 %	7,75 %	4,40 %

Beide Böden verhielten sich nahezu gleich; die geringen Unterschiede sind vollkommen ohne Belang. Luftabschluß sowie Pasteurisieren verminderte die Ammoniakbildung.

[1]) Vgl. Löhnis, Handbuch d. landw. Bakteriologie 1910, p. 596, 619, 687.

Daß den ammoniakbildenden Bakterien die Blutmehlnährlösung nicht sonderlich zusagt, erhellt weiter aus den einzelnen Versuchsreihen:

Umgesetzt in % des Gesamtstickstoffs			März %	April %	Mai %	Juni %	August %	Oktob. %
Erde von Oberholz	aërob	nicht pasteurisiert	13,11	8,35	12,13	7,60	—	—
		pasteurisiert	—	6.79	12,74	7,60	9,13	—
	anaërob	nicht pasteurisiert	—	—	8,36	7,41	—	—
		pasteurisiert	—	—	—	—	4,03	4,77
Erde von Göhrisch	aërob	nicht pasteurisiert	12,28	9,78	13,97	8,79	—	—
		pasteurisiert	—	9,06	13,25	8,79	5.10	—
	anaërob	nicht pasteurisiert	—	—	8,67	6,82	—	—
		pasteurisiert	—	—	—	—	4,44	4,24

Im ganzen ähneln die für die Blutmehlzersetzung erhaltenen Zahlen (abgesehen von ihrer geringen Größe) den für die Ammoniakbildung aus Hornmehl gewonnenen Zahlen sehr. Hier wie dort ergibt sich für Mai ein Maximum, sowie ein im ganzen nachteiliger Einfluß des Luftabschlusses und der Pasteurisierung. Ein erneutes Ansteigen der Umsetzungsintensität im Herbste läßt sich dagegen hier nicht erkennen. Bestimmte Einflüsse von Feuchtigkeitsgehalt, Bodentemperatur und Niederschlägen waren bei so geringen Unterschieden nicht nachweisbar. Daß das Blutmehl im Umsetzungsversuche stets so niedrige Werte liefert, ist jedenfalls durch einen noch aufzudeckenden Fehler in der Methode verursacht. Denn die relativ gute Düngewirkung dieses Stoffes darf als feststehend angesehen werden. C. Hoffmann[1]) äußert sich in ähnlicher Weise: „When based upon their relative susceptibility to decomposition the fertilizers used rank thus: bloodmeal, bran, bone meal and peat. In other words, where immediate effects are required, bloodmeal and bran are preferable, but where the beneficial action of the fertilizers is to be maintained for

[1]) C. Hoffmann, Ann. Rep. Exp. Stat. Wisconsin 23, 1906, p. 120—134, ref. n. Exp. Stat. Rec. 18, p. 1027.

several years, bone meal and peat are better.“ Übereinstimmend haben übrigens auch bei ihm die anaëroben Kulturen keine günstigeren Ergebnisse gezeitigt als die bei vollem Luftzutritte gehaltenen Versuche.

Fleischmehl.

Über Umsetzungen mit einer anderen Art Fleischmehl liegen bisher nur die Untersuchungen von Stern vor. Stern benutzte ein an Gesamtstickstoff sehr reiches Material (mit 12,24 %), während das bei diesen Versuchen verwendete Mehl nur 7,21 % Gesamtstickstoff enthielt und richtiger als Fleisch-Knochenmehl zu bezeichnen gewesen wäre. Stern erhielt sowohl bei Luftzutritt wie bei Luftabschluß im Vergleich zu den anderen Stickstoffdüngern bei seinem Fleischmehl die höchsten Werte. Ebenso konnte ich mich an dem Auftreten einer starken Trübung und eines durchdringenden Fäulnisgeruches schon bald nach dem Ansetzen davon überzeugen, daß den Mikroorganismen in dieser Lösung offenbar ein willkommenes Substrat dargeboten war, das sie sehr stark angreifen würden. Die Bestimmungen des Ammoniakstickstoffes bestätigten diese Vermutung.

Geimpft mit Erde	bei Luftzutritt		bei Luftabschluß	
	nicht pasteurisiert	pasteurisiert	nicht pasteurisiert	pasteurisiert
Von Oberholz	42,69 %	37,13 %	35,91 %	19,05 %
„ Göhrisch	44,92 %	36,62 %	36,38 %	25,75 %

Auch hier kehrt im Prinzip das gleiche Bild wie bei Blut- und Hornmehl wieder: geringe Unterschiede zwischen den beiden Böden, nachteiliger Einfluß von Luftabschluß und Pasteurisieren. Daß auch hier der Luftabschluß ungünstig gewirkt hat, ist besonders beachtenswert, wurden doch gerade für die Fleischfäulnis die Anaëroben wiederholt in erster Linie verantwortlich gemacht. In der Tat erhielt auch Stern bei

seinem eiweißreicheren Material höhere Ammoniakwerte, wenn die Versuche unter anaëroben Bedingungen ausgeführt wurden.

Die für die einzelnen Monate erlangten Ergebnisse lauten folgendermaßen:

Umgesetzt in % des Gesamtstickstoffs			März %	April %	Mai %	Juni %	August %	Oktbr. %
Erde von Oberholz	aërob	nicht pasteurisiert	46,78	40,47	39,94	40,05	—	—
		pasteurisiert	—	39,11	42,57	39,41	32,53	—
	anaërob	nicht pasteurisiert	—	—	39,76	32,05	—	—
		pasteurisiert	—	—	—	—	16,68	20,26
Erde von Göhrisch	aërob	nicht pasteurisiert	48,54	44,39	42,66	40,46	—	—
		pasteurisiert	—	40,43	40,60	36,97	28,50	—
	anaërob	nicht pasteurisiert	—	—	40,88	31,86	—	—
		pasteurisiert	—	—	—	—	17,15	30,03

Der bei der Zersetzung des Hornmehls und des Blutmehls bemerkbare Höhepunkt im Mai fehlt in diesem Falle. Die im März entnommene Probe lieferte hier die höchsten Resultate. Auch der Anstieg im Herbste ist zwar vorhanden, aber noch weniger hervortretend als beim Hornmehle.

Mehr als die Temperatur scheint die Feuchtigkeit des Bodens die Tätigkeit der an der Fleischmehlzersetzung beteiligten Organismen zu beeinflussen.

Knochenmehl.

Das in der Landwirtschaft meistens als Phosphorsäuredünger, weniger des Stickstoffs wegen, angewandte Knochenmehl sollte nur im Anschluß an die Untersuchungen von Löhnis, Parr und Stern auf seine Stickstoffwirkung und die Zersetzung durch die anaëroben Bakterien geprüft werden. Es sollte auch, wie bei den angeführten Arbeiten, ein relativ stickstoffreiches Material Verwendung finden; leider konnte nur ein ziemlich stickstoffarmes Mehl mit 2,72 % Stickstoff beschafft werden. Infolgedessen wurden, um eine äquivalente

Menge Stickstoff zu verabreichen, in den Nährlösungen und in der Düngung ganz bedeutend mehr Phosphate zugeführt als in den anderen Fällen.

Nach den äußeren Merkmalen (Geruch und Trübung) zu urteilen, bewegte sich die Zersetzlichkeit des Knochenmehls zwischen derjenigen von Blutmehl und Hornmehl; doch fielen die Destillationsergebnisse entschieden günstiger aus:

Geimpft mit Erde	bei Luftzutritt		bei Luftabschluß	
	nicht pasteurisiert	pasteurisiert	nicht pasteurisiert	pasteurisiert
von Oberholz	28,01 %	32,01 %	28,91 %	26,11 %
von Göhrisch	22,14 %	32,11 %	33,13 %	27,71 %

In diesem Falle hat also z. T. die Oberholzer, z. T. die Göhrischer Erde die stärkere Umsetzung bewirkt, und abweichend von dem bisher Besprochenen haben auch Luftabschluß und Pasteurisieren den Prozeß wenigstens teilweise günstig beeinflußt.

Die scheinbar beträchtliche Überlegenheit der aëroben Sporenbildner wird allerdings geringer, wenn man die einzelnen Monatswerte berücksichtigt, von denen die im März ermittelten Zahlen auf die für die aëroben, nicht pasteurisierten Versuche resultierenden Durchschnittswerte stark deprimierend wirken. Die nachstehende Übersicht zeigt dies deutlich:

Umgesetzt in % des Gesamtstickstoffs			März %	April %	Mai %	Juni %	August %	Oktob. %
Erde von Oberholz	aërob	nicht pasteurisiert	21,97	30,68	33,69	34,68	—	—
		pasteurisiert	—	30,07	32,79	33,24	30,97	—
	anaërob	nicht pasteurisiert	—	—	29,07	28,73	—	—
		pasteurisiert	—	—	—	—	23,83	27,23
Erde von Göhrisch	aërob	nicht pasteurisiert	7,44	31,70	30,28	33,80	—	—
		pasteurisiert	—	29,23	33,09	34,19	31,78	—
	anaërob	nicht pasteurisiert	—	—	31,78	34,48	—	—
		pasteurisiert	—	—	—	—	24,59	29,28

Möglicherweise sind die Abweichungen im März auf ein unvollständiges Abdestillieren des Ammoniaks zurückzuführen. Infolge starken Schäumens der Flüssigkeit mußte sehr vorsichtig gekocht werden. Läßt man diese Zahlen, wie es wohl besser sein dürfte, außer Betracht, so ergibt sich, daß sowohl die Jahreszeit (in Übereinstimmung mit den bisher hierüber vorliegenden Beobachtungen) wie auch das Pasteurisieren und der Luftabschluß keinen erheblichen Einfluß weder im positiven noch im negativen Sinne ausgeübt haben.

V. Vergleich der im Laboratorium und auf dem Felde erlangten Ergebnisse.

Die Kombination der im Laboratorium und der auf dem Felde erlangten Versuchsergebnisse ermöglicht zweifellos ein sichereres Urteil über den Wert und die Zuverlässigkeit der ermittelten Zahlenwerte, als dies bei nur einer Art der Versuchsanordnung möglich ist. Besonders ist es notwendig, daß die Ergebnisse der im Laboratorium über die Umsetzungen in der Ackererde angestellten Studien durch den Feldversuch bestätigt werden. Aber auch für den mancherlei unkontrollierbaren Zufälligkeiten ausgesetzten Feldversuch ist es nur von Vorteil, wenn seine Ergebnisse beim Vergleich mit den Laboratoriumsbefunden einer eingehenden Prüfung unterzogen werden.

Über die Zersetzung und Wirkung der vier organischen Stickstoffdünger hat sich nun im vorliegenden Falle das Folgende zusammenstellen lassen.

Die auf die Ernteergebnisse basierte Bewertung des Blutmehls stellte dieses in Oberholz an die erste, in Göhrisch an die zweite Stelle.

Oberholz: Mehrertrag an N pro ha 8,52 kg = 28,4 % der Düngung
Göhrisch: „ „ N „ „ 12,57 „ = 41,9 % „ „

Diese Erträge befriedigten über alles Erwarten, denn, wie früher angegeben wurde, zeigten gerade die Blutmehlparzellen in der ersten Zeit eine nur geringe Entwicklung. Die Pflanzen unterschieden sich auf diesen Teilstücken in keiner Weise von den überhaupt nicht mit Stickstoff gedüngten. Die Umsetzungsversuche lieferten an Ammoniakstickstoff in Prozenten des Gesamtstickstoffs in den Monaten:

	April	Mai	Juni
Oberholz	8,35 %	12,13 %	7,60 %
Göhrisch	9,78 %	13,97 %	8,79 %

Die früher von Löhnis für Knochenmehl und Kalkstickstoff gefundenen Beziehungen zwischen Intensität des Zersetzungsgrades im Mai und Stickstoffausnutzung durch die gedüngten Kartoffeln konnte ich für den Blutmehlversuch nicht bestätigen. Das eigenartige Verhalten des Blutmehls wurde bereits als der näheren Aufklärung bedürftig bezeichnet. Möglicherweise muß die Versuchsdauer in diesem Falle noch länger bemessen werden, denn wie gesagt war auch auf dem Felde während der ersten Wochen durchaus keine deutliche Wirkung der Blutmehldüngung zu erkennen.

Der im Hornmehle enthaltene Stickstoff steht in seiner Wirkung in Oberholz und Göhrisch hinter Blutmehl zurück, doch sind die Unterschiede so gering, daß er kaum als weniger verwertbar zu erachten ist.

Oberholz: Mehrertrag an N pro ha 8,16 kg = 27,2 % der Düngung
Göhrisch: „ „ „ „ „ 12,45 „ = 41,5 % „ „ „

Nach den Destillationsergebnissen wurden von dem Gesamtstickstoff in Ammoniak übergeführt in den Monaten:

	April	Mai	Juni
Oberholz	35,53 %	40,85 %	34,45 %
Göhrisch	36,52 %	37,53 %	35,71 %

Diese Zahlen stimmen für Göhrisch sehr nahe mit der Stickstoffausnutzung auf dem Felde überein. Dagegen steht die Ernte von Oberholz den Umsetzungen im Mai gegenüber erheblich zurück. Vielleicht ist hierbei zu berücksichtigen, daß der schwere Boden der raschen Ausbreitung des Wurzelsystems hinderlich ist und die Nahrungsaufnahme der Pflanze verzögert. Die Juniumsetzungen gehen schon wieder soweit zurück, daß sie den Ertragszahlen ähnlicher werden, während in Göhrisch nur geringe Schwankungen hervortreten. Außerdem ist zu beachten, daß über die Ausnutzung des Hornmehlstickstoffs in Oberholz die Parzellenerträge infolge mangelnder Übereinstimmung keine einwandfreie Auskunft zu geben vermögen. Im allgemeinen darf aber geschlossen werden, daß die Laboratoriumsversuche in diesem Falle durch den Feldversuch in der Hauptsache ihre Bestätigung fanden.

Das Fleischmehl steht, am Stickstoffertrage gemessen, in Oberholz an dritter, in Göhrisch an erster Stelle.

Oberholz: Mehrertrag an N pro ha 7,98 kg = 26,6 % der Düngung
Göhrisch: „ „ „ „ „ 21,14 „ = 70,8 % „ „

Die Zahlen für den nach 3 Wochen vorhandenen Ammoniakstickstoff in % des Gesamtstickstoffs lauten:

	April	Mai	Juni
Oberholz	40,47 %	39,94 %	40,05 %
Göhrisch	44,39 %	42,66 %	40,46 %

Diese Zahlen sind im Vergleiche zu den durch den Feldversuch erlangten Stickstoffwerten höher in Oberholz und niedriger in Göhrisch. In Göhrisch gab die eine Fleischmehlparzelle, wie schon betont wurde, einen unerklärlich hohen Ertrag, sodaß jedenfalls der Abstand in den Resultaten von Laboratoriums- und Feldversuch hierdurch vergrößert worden ist. Andrerseits scheint in Oberholz das Fleischmehl nicht voll zur Wirkung gekommen zu sein, denn der dritte Platz in der Stickstoffwirkung, den es hier nach Blutmehl und

Hornmehl einnimmt, entspricht dem sonst beobachteten Verhalten dieses leicht zersetzlichen Düngemittels nicht recht. Immerhin sprechen die Umsetzungszahlen dafür, daß die Laboratoriumsversuche nicht deutlich genug die Überlegenheit des leichteren Bodens erwiesen haben.

Das Knochenmehl lieferte im Feldversuche folgende Werte:

Oberholz: Mehrertrag an N pro ha 3,73 kg = 12,4 % der Düngung
Göhrisch: „ „ „ „ „ 11,00 „ = 36,67 % „ „

Die größere Tätigkeit des leichteren Bodens tritt hier besonders zu Tage, verglichen mit dem schweren Boden, der unter den gegebenen Bedingungen beim Stickstoffabbau des benutzten Knochenmehls fast vollkommen versagte. Das von Löhnis verwendete stickstoffreichere Knochenmehl, bei dem 25,87 % des Stickstoffs zur Ausnutzung gelangten, stimmt weit besser mit den Ergebnissen der Umsetzungsversuche überein. Diese lauten:

	April	Mai	Juni
Oberholz	30,68 %	33,69 %	34,68 %
Göhrisch	31,70 %	30,28 %	33,80 %

Die für Göhrisch resultierenden Werte stimmen ähnlich wie beim Hornmehl ziemlich gut überein, während die weite Spannung, die sich für Oberholz ergibt, sowohl in dem Ausfall des Laboratoriumsversuchs wie auch in dem beim Feldversuche erlangten Ergebnis begründet sein kann. Die Berücksichtigung der von Löhnis auf demselben Boden beobachteten Stickstoffausnutzung weist mehr in die zuletzt angegebene Richtung.

Zusammenfassend lassen sich aus dem Vergleiche von Laboratoriums- und Feldversuchen folgende Schlüsse ziehen:

Teilweise zeigten die Resultate von Umsetzungs- und Düngungsversuch eine befriedigende Übereinstimmung. Teilweise war aber eine solche nicht vorhanden, was entweder (wie speziell beim Blutmehl) auf noch zu ergründende Mängel des

Laboratoriumsversuches oder aber auf fehlerhafte Ergebnisse des Feldversuches zurückzuführen ist. Die entschieden bessere Stickstoffausnutzung im leichteren Boden kam in den Umsetzungsversuchen nur sehr wenig zur Geltung. Vielleicht könnte in diesen Fällen (im Gegensatz zur Blutmehlprüfung) eine Verkürzung der Versuchsdauer von Nutzen sein. Doch ist auch nicht gänzlich von der Hand zu weisen, daß der (infolge mangelhafteren Auflaufens der Kartoffeln) in Göhrisch weiter gewordene Standraum Änderungen in der Stickstoffausnutzung auf dem Felde veranlaßt hat. Nur durch lange Zeit fortgesetzte Versuche sind derartige Fragen zur Entscheidung zu bringen. Daß aber eine solche kombinierte Versuchsanstellung manche in anderer Weise nicht erreichbare Einblicke eröffnet, geht jedenfalls aus den besprochenen Versuchsergebnissen von neuem deutlich hervor.

VI. Versuche mit Reinkulturen.

a) Aërobe Bakterien.

Zur Gewinnung von Reinkulturen ging ich von den früher beschriebenen Abimpfungen aus und goß entweder Fleischpeptongelatine- oder im Hochsommer Fleischpeptonagarplatten. Das Reinigungsverfahren wurde nach Bedarf wiederholt und die isolierten Kulturen sodann der üblichen mikroskopischen und kulturellen Prüfung unterworfen.

Bei der Betrachtung im hängenden Tropfen fiel bei Blutmehl besonders auf, wie wenig sich hier der Bakterienbestand im Verhältnis zu den anderen Düngerreihen entwickelt hatte. In allen Fällen waren in überwiegendem Maße Kurzstäbchen zu sehen.

Neben den schon vielfach geprüften Fluoreszenten, die sich auf der Platte und in den Agarstrichkulturen genügend kennzeichneten, wurden die nachfolgenden Stämme isoliert:

Nährlösung geimpft mit Erde von:

Göhrisch	Oberholz
Hornmehl	
Bact. vulgare var. Zenkeri	Bact. vulgare
„ „ „ Zopfii	„ „ Zenkeri
„ radiobacter	„ „ Zwischenform zu B. var. Zenkeri
	Bac. silvaticus

Nährlösung geimpft mit Erde von:

Göhrisch	Oberholz
Blutmehl	
Bact. vulgare var. Zenkeri	Bact. radiobacter
„ radiobacter	„ ochraceum
	„ prodigiosum
Fleischmehl	
Bact. chrysogloea	Bact. radiobacter
Bac. mycoides	„ helvolum
Bact. ochraceum	Bac. tumescens.
Bac. megaterium	
Knochenmehl	
Bact. vulgare var. Zenkeri	Bac. fusiformis
„ radiobacter	Bact. radiobacter.
„ cremoides	
Bac. tumescens	
Bact. turcosum	

Im allgemeinen stimmten die Eigenschaften der gezüchteten Stämme mit den vorhandenen Beschreibungen überein; nur bei einigen waren manche Abweichungen und besondere Merkmale beim Vergleich festzustellen.

Bacterium vulgare (Proteus) var. Zenkeri bildete auf Gelatineplatte nicht verflüssigende, durchscheinende, schwer sichtbare, dünnhäutige, kleine Kolonien, auf Agarstrich am unteren Ende geschuppte weiße Ansammlungen.

Bact. helvolum zeigte im Gegensatz zu der von Lehmann und Neumann gegebenen Diagnose Beweglichkeit; Bac.

tumescens peptonisierte die Milch; Bac. mycoides erinnerte im Gelatinestich sehr an B. sphaericus; Bact. ochraceum aus Fleischmehl verflüssigt die Gelatine nicht, während sie der aus Blutmehl gezüchtete Stamm langsam in Lösung brachte.

Die Nährlösungen für die mit den Reinkulturen durchzuführenden Umsetzungen erhielten dieselbe prozentische Zusammensetzung und wurden in den gleichen Gefäßen aufbewahrt wie die zu den mit Erde eingeleiteten Versuchen. Nach dem Zusatz der Erde wurden sie im Autoklaven 1—2 Stunden bei 1 Atmosphäre Druck sterilisiert. Auch nach 4 Wochen konnten an den so behandelten Lösungen keine Veränderungen, insbesondere keine Bakterienentwicklung nachgewiesen werden.

Wie mehrfach festgestellt wurde, erfährt der Gehalt an löslichem Stickstoff in Erde durch das Erhitzen im gespannten Dampf eine mehr oder minder beträchtliche Erhöhung. Ähnliche Erscheinungen zeigten sich bei meinen Versuchen, vor allem bei Horn- und bei Fleischmehl.

Dem sterilen Nährsubstrat wurde eine Platinöse voll von denjenigen Reinkulturen zugesetzt, die aus der entsprechenden Rohkultur abgeimpft und isoliert waren. Wie aus den im Anhange zusammengestellten Tabellen über Umsetzungen mit Reinkulturen zu ersehen ist, lassen die einzeln geprüften Stämme verschiedenenen Ursprungs und die verschiedenen Bakterienarten große Unterschiede erkennen. Die verschiedenen Stämme von Bact. radiobacter ergaben bei der Destillation folgende Ammoniakmengen, bezogen auf Gesamtstickstoff:

Isoliert aus			
Knochenmehl	Fleischmehl	Blutmehl	Hornmehl
Oberholz 1,51%	Oberholz 18,49%	Oberholz 2,03%	Göhrisch 11,59%
Göhrisch 3,23%	—	Göhrisch 1,88%	—
Göhrisch 3,30%	—	Göhrisch 3,37%	—

Die Ursache der Differenzen scheint vorwiegend in der Abspaltbarkeit des Düngerstickstoffs zu liegen. Die Lösungen zeigten durch die mehr oder weniger starke Trübung an, ob

viel Ammoniak durch die Tätigkeit der Bakterien gebildet sein konnte; bei Fleischmehl trat die stärkste Trübung mit schwacher Deckenbildung auf.

Am zahlreichsten hatte ich Bact. vulgare var. Zenkeri isoliert. Dazu kam eine Zwischenform zu Zenkeri, ein typischer Stamm von Bact. vulgare, sowie ein Bact. vulgare var. Zopfii. Auch unter diesen Formen sind die Schwankungen nicht ausgeblieben, im wesentlichen aber kommt ihnen ein einheitlicheres, dem des Bac. radiobacter um wenig überlegenes Umsetzungsvermögen zu:

Isoliert aus			
Knochenmehl	Blutmehl	Hornmehl	
Göhrisch 17,96 %	Göhrisch 4,45 %	Oberholz 4,89 %	4,49 %
Göhrisch 1,73 %		Oberholz 5,59 %	
		Oberholz 4,35 %	
		Göhrisch 5,10 %	
		Göhrisch 7,26 %	
Bac. vulgare var. Zopfii		Göhrisch 4,61 %	
„ „		Oberholz 11,98 %	
„ „ Zwischenform zu var. Zenkeri		Oberholz 13,75 %	

Die durch die Zwischenform umgesetzte Menge kann als Bindeglied zwischen der ausnahmsweise hohen Zahl im Knochenmehlversuch und den anderen aufgefaßt werden. Der einzeln dastehende, sehr niedrige Wert im zweiten Knochenmehlversuche ist darauf zurückzuführen, daß die betreffende Lösung steril blieb; dieser Stamm war nicht mehr lebensfähig genug zur Weiterentwicklung. Das bei Bac. radiobacter über Trübung Gesagte galt auch hier in entsprechender Weise. In allen Versuchen war weder Zersetzungsgeruch noch Hautbildung zu bemerken.

Der aus mit Erde von Oberholz geimpften Hornmehllösung isolierte Bac. silvaticus hatte dagegen reichlicher (unter Trübung und Entwicklung von Fäulnisgeruch) Stickstoff zu Ammoniak abgebaut.

Bact. ochraceum bildete wenig Ammoniak und Bact. prodigiosum nicht viel mehr, trotzdem bei diesem der Trübung nach mehr zu erwarten gewesen wäre. Bact. ochraceum aus Oberholz + Blutmehl weicht erheblich von dem Stamm aus Göhrisch + Fleischmehl ab, der von allen isolierten Reinkulturen am stärksten umsetzte (27,46 %). Sehr gleichmäßig und lebhaft betätigen sich die beiden Stämme von Bac. tumescens, Oberholz + Fleischmehl 24,76 %, Göhrisch + Knochenmehl 24,5 %; Bac. cremoides Göhrisch + Knochenmehl 22,92 %; ferner Bac. fusiformis, Oberholz + Knochenmehl 17,5 %; Bac. chrysogloea, Göhrisch + Fleischmehl 14,33 %; Bac. mycoides, Göhrisch + Fleischmehl 14,13 %; Bact. turcosum, Göhrisch + Knochenmehl 12,86 %; Bac. Megaterium, Göhrisch + Fleischmehl 8,4 % und Bact. helvolum var., Oberholz + Fleischmehl 6,57 %.

Noch immer bestehen nicht aufgeklärte Schwierigkeiten, die bei Rohkulturen erlangten Ergebnisse mit den Fähigkeiten und Leistungen der rein gezüchteten Bakterien in Einklang zu bringen. Die Erfahrungen, die bei den von Parr durchgeführten Versuchen gesammelt sind, gaben den Anlaß, den anaëroben Bakterien mehr Aufmerksamkeit zu widmen, mit denen sich dann Stern weiter beschäftigte und über die sogleich noch näher zu sprechen sein wird. Aus Untersuchungen von O. Jensen[1]) kann die geringe Tätigkeit der Reinkulturen im Verhältnis zu den Rohkulturen zuweilen dadurch erklärt werden, daß Mischkulturen in Symbiose lebender Bakterien bedeutend mehr leisten können als die Reinkulturen der betreffenden Arten. Zum Beispiel erfuhr in dem betreffenden Falle die Ammoniakbildung eine Steigerung um das Zehnfache.

b) Anaërobe Bakterien.

Zur Gewinnung der anaëroben Reinkulturen benutzte ich die hohe Agarschicht nach Burri[2]). Sobald sich die Kolonien

[1]) O. Jensen, Centralbl. f. Bakt. II. Abt. 13, p. 703.
[2]) Kürsteiner, Centralbl. f. Bakt. II. Abt. 19, p. 23.

entwickelt hatten, wurde versucht, eine möglichst typische entfernt von anderen liegende Kolonie aus der zur mikroskopischen Betrachtung in Scheiben zerlegten Agarrolle herauszuholen, die dann in Bouillon unter Pyrogallolverschluß der weiteren Entwicklung überlassen wurde. Nach dem Eintreten der Trübung in der Bouillon zu urteilen, war bald wieder sehr lebhaftes Wachstum eingetreten und der Zeitpunkt zum erneuten Anlegen von Gußkulturen gekommen, an die sich wiederum die Aufbewahrung in Bouillon anschloß.

Während in den ersten Abimpfungen noch alle Arten und Bakterienformen mikroskopisch wahrzunehmen waren, herrschten in der Bouillon bald dicke Kurzstäbchen vor, konnten aber nicht als Reinkulturen angesprochen werden. Dies veranlaßte zu abermaliger Wiederholung der Guß- und der Bouillonkulturen; es blieben jedoch trotzdem noch Zweifel über die Reinheit bestehen. Deshalb wurde nunmehr das von Burri angegebene, anaërobe Plattenverfahren zu Hilfe genommen, was darin besteht, daß Glaströge von geeigneter Form zunächst in Petrischalen sterilisiert und infiziert, sodann aber in weiten, nach Wright-Burri verschlossenen Glasröhren aufbewahrt werden. Leider fehlte es z. T. an geeigneten, durch die dazu benötigten großen Kautschukstopfen ziemlich teuren Aufbewahrungsgefäßen. Ich behalf mich in der Weise, daß ich die beschickten Glaströge unter sorgfältigster Vermeidung von Außeninfektionen in einen sterilisierten Exsikkator einsetzte, in dem dann durch Einfüllen von alkalischer Pyrogallollösung für rasche Absorption des Sauerstoffs gesorgt wurde. Um ein etwaiges nachträgliches Eindringen von Luft zu verhindern, wurde das Gefäß unter Wasser aufbewahrt. Auf diese Weise gelang es, einige Rauschbrand-ähnliche Stämme rein zu erhalten und zu prüfen, während die anderen Kulturen einer besonderen Prüfung unterzogen werden sollten.

Neben den obligaten Anaëroben fanden sich hierbei als fakultative Anaëroben Bact. vulgare var. Zenkeri sowie eine Varietät von Bact. coli.

Die beiden Rauschbrand-ähnlichen Stämme sind vorläufig nicht näher bestimmt worden, da sie ebenso wie die einstweilen zurückgestellten Kulturen später im Veterinärinstitut auf ihre Pathogenität geprüft werden sollten: Gestalt, Größe, Sporenbildung, Kolonieform sowie das sonstige kulturelle Verhalten sind so wie beim Erreger des Rauschbrandes.

Die aus Blutmehl isolierten Proteus- und Coli-Stämme hatten trotz mangelnder Sporenbildung das wiederholte Pasteurisieren gut überstanden, wohl infolge der reichlich sie einhüllenden Schleimmasse. A. Wolff[1]) hatte beobachtet, daß ähnliche schleimbildende Kurzstäbchen in Milch $^1/_4$ Stunde lang die Siedetemperatur des Wassers z. T. aushalten können.

Bact. coli var. wuchs auf Kartoffel, ähnlich wie Bact. pneumoniae, brachte Bouillon in schleimigen, fadenziehenden Zustand und bildete Gas in Traubenzuckeragar. Bact. vulgare var. Zenkeri bildete kein Gas und weniger Schleim in der Bouillon. Nach 8 Tagen war das Koloniewachstum auf der Platte das gleiche: $1^1/_2$ mm große runde, gelbliche, nicht verflüssigende Kolonien; mikroskopisch: gelbbraun, kompakt, kaum sichtbare Granulierung, am Rande radiär dicht gestreift, an kleinen Kolonien eine feine haarartige, schwer erkennbare Streifung.

Wie die Kolonieentwicklung in den verschiedenen Agargußkulturen erkennen ließ, herrschten diese coli Formen entschieden vor; auffällig lange Fäden, die in den Rohkulturen und ersten Abimpfungen noch zu beobachten waren, konnten hier noch nicht isoliert werden. Nach den Mitteilungen von Heim[2]) dürfte es sich hier vielleicht um Bac. postumus handeln, der nur in Symbiose mit Bac. putrificus, bezw. von dessen Abbauprodukten zu leben vermag.

Von der mit den verschiedenen Reinkulturen geimpften Bouillon entnahm ich mittels eines engen sterilen Glasröhrchens ca. 1 ccm und impfte hiermit das sterilisierte Nährsubstrat,

---

[1]) A. Wolff, Centralbl. f. Bakt. II. Abt. 20, 1908, p. 738.
[2]) Heim, Centralbl. f. Bakt., I. Abt. 55, p. 337.

das dann sofort unter Pyrogallolverschluß gebracht 3 Wochen lang bei 20° im Thermostaten aufbewahrt wurde. Die Anaërob-Bakterien wurden zu allen 4 Düngern und beiden Böden zugesetzt. Bei der Destillation ergaben sich die in den Tabellen aufgeführten Ergebnisse.

Wie bei Sterns Versuchen wurde im vorliegenden Falle das Knochenmehl am stärksten angegriffen, Fleischmehl rückte an die dritte Stelle, Blutmehl blieb an vierter. Wie weit Ammoniakbildung in Roh- oder Reinkulturen durch antagonistische Prozesse oder Symbiose gehindert oder gefördert wird, müßte durch eine eingehende Sonderuntersuchung beantwortet werden. Für die oft vermutete besonders große Bedeutung der obligaten Anaëroben liefern dagegen meine Beobachtungen (in Übereinstimmung mit Stern) keine Bestätigung.

VII. Schluß.

Aus den in vorliegender Arbeit besprochenen Untersuchungen lassen sich folgende Ergebnisse zusammenfassen:

1. Dem im Laboratorium ermittelten Zersetzungsgrade der vier Stickstoffdünger Fleischmehl, Hornmehl, Blutmehl und Knochenmehl entsprach im allgemeinen die Stickstoffausnutzung, die durch die angebaute Kartoffelsorte auf den beiden Versuchsfeldern erzielt wurde. Ganz abweichend fielen nur die Ergebnisse bei Blutmehl aus, das auch schon bei früheren Versuchen ein abnormes Verhalten bei der Prüfung im Laboratorium gezeigt hatte. Es bleibt zu prüfen, ob in diesem Falle vielleicht eine Verlängerung der Untersuchungsdauer zu befriedigenderen Resultaten führt. Bei den anderen Substanzen scheint dagegen eine Verkürzung der Versuchsdauer empfehlenswert zu sein.

2. Die von den Bakterien-Reinkulturen gebildeten Ammoniakmengen sind in keinem Falle so hoch wie die in den Rohkulturen

erzielten. Diese Unterschiede lassen es von neuem angezeigt erscheinen, spezielle Forschungen über symbiotische und antagonistische Prozesse im Bakterienleben anzustellen.

3. Das Verhalten der Aëroben-Bakterien bestätigte die bei früheren Untersuchungen erlangten Befunde. Die betreffenden Ammoniakzahlen kamen den durch den Düngungsversuch auf dem Felde festgestellten Werten in bezug auf die Stickstoffausnutzung relativ am nächsten.

4. Die Bedeutung der anaëroben Bakterien für die Ammoniakbildung im Boden scheint teilweise überschätzt worden zu sein. Die unter Luftabschluß gehaltenen Versuche ergaben fast immer eine weniger lebhafte Umsetzung als die bei vollem Luftzutritt gehaltenen. Desgleichen erwiesen sich die sporenbildenden Bakterien (in den pasteurisierten Lösungen wie in den Reinkulturen) den sporenfreien Formen nicht überlegen.

Anhang: Tabellen.

Erträge an Kartoffelknollen.

	Düngung	Ertrag pro Teilstück kg	Wasserverlust %	Stickstoffgehalt lufttrock. %	Stickstoffgehalt frisch %	Stöcke pro Teilstück	Knollen pro Stock g	pro ha Knollen kg	pro ha Stickstoff kg
Oberholz (Ernte am 15. September)	Ohne Stickstoff	34	74,16	1,150	0,388	175	—	—	—
		30	73,66	1,350	0,356	172	—	—	—
		30,1	72,30	1,186	0,329	177	—	—	—
		94,1	—	—	0,358	524	180	12550	44,93
	Hornmehl	34,3	72,08	1,158	0,323	174	—	—	—
		38	72,57	1,165	0,320	178	—	—	—
		30,4	72,72	1,400	0,382	178	—	—	—
		102,7	—	—	0,342	530	194	13690	46,72
	Blutmehl	33,3	73,38	1,286	0,342	177	—	—	—
		32,7	72,79	1,364	0,371	176	—	—	—
		66,8	—	—	0,357	353	187	13200	47,13
	Fleischmehl	39,4	72,64	1,186	0,325	177	—	—	—
		31,5	73,26	1,429	0,382	175	—	—	—
		70,9	—	—	0,354	352	201	14180	50,20
	Knochenmehl	34,4	73,04	1,236	0,333	177	—	—	—
		37,8	72,35	1,108	0,306	176	—	—	—
		72,2	—	—	0,320	353	204	14440	46,21
Göhrisch (Ernte am 3. September)	Ohne Stickstoff	45,8	77,20	1,185	0,270	158	—	—	—
		44	75,80	1,078	0,261	162	—	—	—
		45,2	76,30	1,221	0,289	170	—	—	—
		135	—	—	0,273	490	276	18000	49,13
	Hornmehl	48,4	76,80	1,236	0,287	166	—	—	—
		47,1	76	1,308	0,314	173	—	—	—
		47,8	75,30	1,171	0,289	173	—	—	—
		143,3	—	—	0,297	512	280	19100	56,74
	Blutmehl	49,6	76,50	1,171	0,275	168	—	—	—
		45,1	76,30	1,286	0,305	167	—	—	—
		94,7	—	—	0,290	335	283	18940	54,92
	Fleischmehl	48,3	76,20	1,315	0,313	163	—	—	—
		60,5	76,70	1,186	0,278	160	—	—	—
		108,8	—	—	0,296	323	337	21760	64,41
	Knochenmehl	46,5	76,20	1,286	0,306	161	—	—	—
		44,5	75,50	1,200	0,294	173	—	—	—
		91	—	—	0,300	334	272	18200	54,60

Erträge an Kartoffelkraut.

	Düngung	frisch kg	Wasserverlust %	getrockn. Kraut g	Stickstoffgehalt %	Stöcke pro Teilstück	Kraut pro Stock g	pro ha: Kraut lufttrock. kg	pro ha: Stickstoffgehalt kg
Oberholz (Ernte am 15. September)	Ohne Stickstoff	20	83,5	3290	1,622	175	—	—	—
		17	83,3	2860	1,622	172	—	—	—
		17,5	83,5	2900	1,650	177	—	—	—
		—	—	9050	1,631	524	17.3	1206	19.68
	Hornmehl	23,5	84.3	3690	1,557	174	—	—	—
		26	85	3890	1,750	178	—	—	—
		20,5	83,3	3420	1,900	178	—	—	—
		—	—	11000	1,736	530	20.3	1501	26,05
	Blutmehl	21	82,1	3760	1,764	177	—	—	—
		23	83,8	3730	1,807	176	—	—	—
		—	—	7490	1,736	353	21,2	1498	26
	Fleischmehl	22,5	82,4	3960	1,479	177	—	—	—
		20	84,4	3120	1,693	175	—	—	—
		—	—	7080	1,581	352	20.1	1416	22,39
	Knochenmehl	19	81,7	3490	1,593	177	—	—	—
		23	84,4	3580	1,536	176	—	—	—
		—	—	7070	1,565	353	20	1414	22,13
Göhrisch (Ernte am 3. September)	Ohne Stickstoff	12,3	79.83	2480	1,557	158	—	—	—
		11,7	78,89	2470	1,686	162	—	—	—
		10,7	72.61	2930	1,565	170	—	—	—
		—	—	7880	1,603	490	16.08	1051	16,84
	Hornmehl	13,3	75,34	3280	1,515	166	—	—	—
		10,8	68,52	3400	1,658	173	—	—	—
		13	73	3510	1,614	173	—	—	—
		—	—	10190	1,596	512	19,90	1359	21,68
	Blutmehl	13,8	72,54	3790	1,600	168	—	—	—
		12,2	71,64	3460	1,657	167	—	—	—
		—	—	7250	1,629	335	21,64	1450	23.62
	Fleischmehl	12	70,17	3580	1,593	163	—	—	—
		11,1	71,98	3110	1,799	160	—	—	—
		—	—	6690	1,696	323	20,71	1338	22,70
	Knochenmehl	12,6	72.54	3460	1,750	161	—	—	—
		11	71.55	3130	1,643	173	—	—	—
		—	—	6590	1,697	334	19,73	1318	22,37

Witterung vom März bis September 1910.

Aufgezeichnet: 8 Uhr vormittags Göhrisch.

Monat	Tag	Luftdruck in mm auf 0° reduziert	Temperatur (° C)				Niederschläge		Sonnenschein			Bewölkung %
			mittlere Tagestemperatur	Bodentemperatur in 10 cm Tiefe	Maximum	Minimum	in mm	Tage mit Niederschl.	Dauer Stunden	Dauer Minuten	Tage	
März	16.—20.	755,4	3,2	2,5	12,5	−1,2	8,5	2	13	24	5	—
	21.—31.	761,9	3,3	2,9	13.0	2,5	15,5	6	29	30	9	—
	16.—31.	758.6	3,2	2.7	13,0	−1,2	24,0	8	42	54	14	53
	gg. Normal	+9,3	−0,8	+1,1	—	—	−3,0	—	−31	—	—	13
April	1.—10.	756,9	6,3	3,9	16.2	−2.5	2,1	3	61	—	9	—
	11.—20.	753.9	11.0	7,6	22,5	−2,0	16,1	2	48	6	9	—
	21.—30.	754.3	8,9	6,0	20,0	0,5	5.2	5	52	30	10	—
	1.—30.	755,0	8.7	5,8	22,5	−2,5	23,4	10	161	36	28	57
	gg. Normal	+5,2	+0,4	−0,5	—	—	−21,8	—	−28	—	—	−6
Mai	1. −10.	755,5	8,6	6,8	15,0	1,2	20,0	6	21	12	6	—
	11.—20.	757,1	17,2	14,1	26,2	7,5	5,8	2	95	12	10	—
	21.—31.	758,4	19,4	16,9	23,7	6,5	4,0	4	104	6	10	—
	1.—31.	757,0	15.0	12,6	26,2	1,2	29,8	12	220	30	26	58
	gg. Normal	+6,7	+1,9	−0,8	—	—	−44,0	—	−54	—	—	−1
Juni	1.—10.	756,9	23,6	18,5	30,0	10,0	19,7	5	97	—	10	—
	11.—20.	759,6	18,4	17,6	29,2	10,0	36,0	6	65	30	9	—
	21.—30.	755,4	17,5	15,4	25,0	5,0	5,2	7	63	30	10	—
	1.—30.	757,3	19,8	17,2	30,0	5,0	60,9	18	226	—	29	66
	gg. Normal	+6,4	+3,1	−0,9	—	—	−3,0	—	−36	—	—	+6
Juli	1.—10.	754,5	15,4	14,0	22,5	11,0	22,3	8	43	48	8	—
	11.—20.	758,3	17,5	15,6	23,0	12,5	14,1	7	57	54	10	—
	21.—31.	757,7	20,0	16,3	26,5	10,0	16,5	3	67	18	11	—
	1.—31.	756,8	17,6	15.3	26,5	10,0	52,9	18	169	—	29	74
	gg. Normal	+6,0	−0,8	−2,2	—	—	−31,4	—	−102	—	—	+15
August	1.—10.	756,0	17,8	16,2	28,7	12,0	44,9	7	45	54	9	—
	11.—20.	759,1	18,0	15,6	24,2	9,2	5,0	3	71	30	10	—
	21.—31.	759,8	17.4	16,1	27.5	10,0	15,1	7	58	30	10	—
	1.—31.	758.3	17,7	16.0	28.7	9,2	65,0	17	175	54	29	67
	gg. Normal	+7,1	−0,1	−0,5	—	—	+2.7	—	−81	—	—	+9
Septbr.	1.—3.	762,4	13,2	12,3	18,7	10,0	4,0	2	9	36	2	82
	gg. Normal	+9,7	−1,0	+0.3	—	—	−1,0	—	−9	—	—	+36

Witterung vom März bis September 1910.

Aufgezeichnet: 8 Uhr vormittags Oberholz.

Monat	Tag	Luftdruck in mm auf 0° reduziert	Temperatur (° C)				Niederschläge		Sonnenschein			Bewölkung %
			mittlere Tagestemperatur	Bodentemperatur in 10 cm Tiefe	Maximum	Minimum	in mm	Tage mit Niederschl.	Dauer Stunden	Dauer Minuten	Tage	
März	16.–20.	—	2,2	2,5	11,0	1,0	8,6	1	20	31	5	—
	21.—31.	—	2,6	2,8	13,0	—	9,3	4	39	10	10	—
	16.—31.	—	2,5	2,7	13,0	—	17,9	5	59	41	15	70
	gg. Normal	—	−1,0	—	—	—	−7,7	—	+2	—	—	−0,2
April	1.—10.	—	4,5	4,1	19,0	—	3	2	59	45	9	—
	11.—20.	—	8,9	7,2	24,0	1,0	24,8	2	55	18	9	—
	21.—30.	—	7,0	6,3	16,0	0,5	7,5	2	42	19	10	—
	1.—30.	—	6,8	5,9	24,0	—	35,3	6	157	22	28	57
	gg. Normal	—	−1,3	—	—	—	−7,9	—	−9	—	—	−6
Mai	1.—10.	—	8,0	6,4	14,0	0,5	24,0	4	27	31	7	—
	11.—20.	—	16,2	13,2	27,5	5,0	6,7	3	74	46	10	—
	21.—31.	—	14,7	14,6	27,0	3,0	11,0	3	103	8	9	—
	1.–31.	—	13,0	11,4	27,5	0,5	41,7	10	205	25	26	52
	gg. Normal	—	−0,2	—	—	—	−20,3	—	−63	—	—	−13
Juni	1.—10.	—	21,6	17,8	32,5	6,0	—	—	96	15	10	—
	11.—20.	—	17,5	16,3	30,0	5,5	42,5	6	49	6	6	—
	21.—30.	—	15,6	15,4	24,5	0,5	16,1	3	50	25	10	—
	1.—30.	—	18,2	16,5	32,5	0,5	58,6	9	195	46	26	63
	gg. Normal	—	+1,0	—	—	—	−6,1	—	−59	—	—	+3
Juli	1.—10.	—	14,7	13,5	22,5	6,0	78,9	7	37	52	8	—
	11.—20.	—	16,9	15,3	25,5	7,5	76,5	5	36	56	9	—
	21.—31.	—	17,2	15,5	29,5	6,0	12,7	4	53	52	9	—
	1.—31.	—	16,3	14,7	29,5	6,0	168,1	16	128	40	26	81
	gg. Normal	—	−1,9	—	—	—	+73,2	—	−123	—	—	+22
August	1.—10.	—	17,8	16,5	26,0	8,0	39,9	3	40	10	7	—
	11.—20.	—	17,3	15,5	25,5	5,0	11,6	4	55	17	9	—
	21.—31.	—	16,6	15,0	28,0	4,5	22,5	4	50	56	10	—
	1.—31.	—	17,2	15,7	28,0	4,5	74,0	11	146	23	26	70
	gg. Normal	—	−0,6	—	—	—	+12,1	—	−94	—	—	+12
Septbr.	1.—15.	—	13,2	13,0	22,5	4,0	72,2	8	50	45	13	73
	gg. Normal	—	−0,6	—	—	—	+48,2	—	−29	—	—	+17

Umsetzungen mit Rohkulturen.

			Oberholz.				Göhrisch.			
			Aërob		Anaërob		Aërob		Anaërob	
			mg	past. mg	mg	past. mg	mg	past. mg	mg	past. mg
Hornmehl	März	a)	23,25	—	—	—	26,07	—	—	—
		a)	22,39	—	—	—	26,07	—	—	—
		b)	24,08	—	—	—	25,93	—	—	—
		b)	23,96	—	—	—	25,22	—	—	—
	April	a)	26,58	28,84	—	—	25,88	25,45	—	—
		b)	24,32	25,16	—	—	26,44	25,74	—	—
	Mai	a)	31,78	21,98	5,04	—	25,20	29,40	4,20	—
		b)	26,74	23,94	5,46	—	28,56	31,64	6,02	—
	Juni	a)	24,68	24,14	16,68	—	25,63	21,02	18,98	—
		b)	24,68	23,19	16,68	—	26,03	23,05	17,49	—
	August	a)	—	17,64	—	5,74	—	19,74	—	6,44
		b)	—	17,64	—	5,56	—	16,94	—	6,44
	Oktober	a)	—	—	—	7,9	—	—	—	11,3
		a)	—	—	—	8,3	—	—	—	19,7
		b)	—	—	—	8,9	—	—	—	15,8
		b)	—	—	—	8,3	—	—	—	14,9
Blutmehl	März	a)	10,49	—	—	—	5,81	—	—	—
		a)	8,64	—	—	—	9,49	—	—	—
		b)	6,38	—	—	—	9,78	—	—	—
		b)	10,49	—	—	—	8,64	—	—	—
	April	a)	5,66	4,95	—	—	6,78	6,78	—	—
		b)	5,09	4,38	—	—	6,65	5,66	—	—
	Mai	a)	8,26	8,68	4,62	—	9,52	9,10	6,44	—
		b)	8,40	8,82	6,86	—	9,66	9,10	5,46	—
	Juni	a)	5,15	5,28	4,75	—	6,24	6,37	4,34	—
		b)	5,28	5,15	5,42	—	5,83	5,70	5,02	—
	August	a)	—	6,44	—	2,38	—	3,64	—	3,01
		b)	—	6,09	—	3,15	—	3,36	—	3,08
	Oktober	a)	—	—	—	2,9	—	—	—	1,7
		a)	—	—	—	3,7	—	—	—	3,6
		b)	—	—	—	2,9	—	—	—	2,7
		b)	—	—	—	3,6	—	—	—	4,0

			Oberholz				Göhrisch			
			Aërob		Anaërob		Aërob		Anaërob	
			mg	past. mg	mg	past. mg	mg	past. mg	mg	past. mg
Fleischmehl	März	a)	35,04	—	—	—	36.42	—	—	—
		a)	33,66	—	—	—	37,27	—	—	—
		b)	37,33	—	—	—	36,13	—	—	—
		b)	33,66	—	—	—	35,14	—	—	—
	April	a)	29,98	29,55	—	—	33,65	33,23	—	—
		b)	29,70	28,85	—	—	32,66	27,14	—	—
	Mai	a)	29.54	33.46	28.14	—	31.08	31.36	30.66	—
		b)	30,10	30,10	31,22	—	32,62	29.26	30,38	—
	Juni	a)	31.74	25.90	23.05	—	32.81	27.80	23.32	—
		b)	28.07	25.36	24.81	—	27.66	27.39	24.27	—
	August	a)	—	25,06	—	13,75	—	22.26	—	9,10
		b)	—	23,52	—	11,06	—	20,30	—	16,52
	Oktober	a)	—	—	—	14,0	—	—	—	23,7
		a)	—	—	—	14,6	—	—	—	17.6
		b)	—	—	—	14,6	—	—	—	23,3
		b)	—	—	—	17,3	—	—	—	25,1
Knochenmehl	März	a)	14,85	—	—	—	5,60	—	—	—
		a)	14,60	—	—	—	4,82	—	—	—
		b)	14,74	—	—	—	5,10	—	—	—
		b)	14.74	—	—	—	5,24	—	—	—
	April	a)	21,35	20,93	—	—	22.20	21,63	—	—
		b)	—	—	—	—	21,92	19,05	—	—
	Mai	a)	22,40	24,78	20,16	—	21,42	21.28	22,82	—
		b)	24.50	20.86	20,30	—	20.72	24.78	21.42	—
	Juni	a)	26.58	20,48	19,66	—	23,46	24,81	22,24	—
		b)	21.70	25.76	20.34	—	23.59	22.78	25.76	—
	August	a)	—	21,00	—	16,52	—	21,98	—	17,08
		b)	—	22,12	—	16,66	—	22,26	—	17,15
	Oktober	a)	—	—	—	20,3	—	—	—	22,0
		a)	—	—	—	19,7	—	—	—	19,9
		b)	—	—	—	18,7	—	—	—	19,0
		b)	—	—	—	17,1	—	—	—	20,6

Reinkulturen.

Pro 50 ccm Leitungswasser + 5 g Boden + 0,5 g Hornmehl
3,6 + 68,03 = 71,63 mg N,
davon in NH_3-Form vorhanden 3,1 mg

Bakterien		Isoliert aus:			NH_3-Stickstoff gebildet			Parallele
aërob	anaërob	Boden + Dünger		pasteurisiert	aus	in mg	% d N.G.	
Bact. vulgare		Oberholz	Hornmehl		Hornmehl	9,0	12,56	a
		„	„		„	8,3	11,59	b
Bact. vulgare var. Zenkeri		„	„		„	3,8	5,31	
		„	„		„	3,2	4,47	
Bact. vulgare Zwischenform zu Zenkeri		„	„		„	9,7	13,54	
		„	„		„	10,0	13,96	
Bact. vulgare var. Zenkeri		„	„		„	4,8	6,70	
		„	„		„	3,2	4,47	
„		„	„	„	„	3,3	4,61	
„		„	„	„	„	3,0	4,19	
„		Göhrisch	„		„	3,8	5,31	
„		„	„		„	3,5	4,89	
Bact. radiobacter		„	„		„	9,0	12,56	
		„	„		„	7,6	10,61	
Bact. vulgare var. Zopfii		„	„		„	3,3	4,61	
		„	„		„	3,3	4,61	
Bacillus silvaticus		Oberholz	„	„	„	11,13	15,54	
		„	„	„	„	11,13	15,54	
Bact. vulgare var. Zenkeri		Göhrisch	„	„	„	6,9	9,63	
		„	„	„	„	3,5	4,89	
	Bact. coli (var.)	Oberholz	Blutmehl	„	„	3,26	4,55	
		„	„	„	„	3,5	4,89	
	Bact. vulgare var. Zenkeri	Göhrisch	„	„	„	3,6	5,03	
		„	„	„	„	3,54	4,94	
	Rauschbrand var. a	„	Fleischmehl	„	„	5,5	7,68	
	a	„	„	„	„	7,37	10,29	
	„ „ b	„	„	„	„	5,02	7,01	
	b	„	„	„	„	4,82	6,73	

Reinkulturen.

Pro 50 ccm Leitungswasser + 5 g Boden + 0,5 g Blutmehl
3,6 + 65,06 = 68,66 mg N
davon in NH_3-Form vorhanden 1,28 mg.

Bakterien		Isoliert aus			NH_3-Stickstoff gebildet			Parallele
aërob	anaërob	Boden + Dünger		pasteurisiert	aus	in mg	% d. N. G.	
Bact. radiobacter		Oberholz	Blutmehl		Blutmehl	1,49	2,17	a
		„	„		„	1,3	1,89	b
Bact. ochraceum		„	„		„	1,42	2,07	
		„	„		„	2,8	4,08	
Bact. prodigiosum		„	„	„	„	4,5	6,55	
		„	„	„	„	3,6	5,24	
Bact. radiobacter		Göhrisch	„		„	1,3	1,89	
		„	„		„	1,28	1,86	
„		„	„		„	1,42	2,07	
„		„	„		„	3,2	4,66	
Bact. vulgare var. Zenkeri		„	„		„	3,1	4,52	
		„	„		„	3,0	4,37	
	Bact. coli var.	Oberholz	„	„	„	1,28	1,86	
		„	„	„	„	1,28	1,86	
	Bact. vulgare var. Zenkeri	Göhrisch	„	„	„	1,42	2,07	
		„	„	„	„	1,49	2,17	
	Rauschbrand var. a	„	Fleischmehl	„	„	2,7	3,93	
	a	„	„	„	„	3,9	5,68	
	„ „ b	„	„	„	„	2,5	3,64	
	b	„	„	„	„	2,6	3,79	

Reinkulturen.

Pro 50 ccm Leitungswasser + 5 g Boden + 1 g Fleischmehl
3,6 + 71,07 = 74,67 mg N,
davon in NH_3-Form vorhanden 3,1 g.

Bakterien		Isoliert aus			NH_3-Stickstoff gebildet			Parallele
aërob	anaërob	Boden + Dünger		pasteurisiert	aus	in mg	% d. N. G.	
Bact. radiobacter		Oberholz	Fleischmehl		Fleischmehl	14,8	19,83	a
		„	„		„	12,8	17,14	b
Bact. helvolum (var.)		„	„		„	5,3	7,10	
		„	„		„	4,5	6,03	
Bact. tumesceus		„	„	„	„	18,9	25,32	
		„	„	„	„	18,2	24,24	
Bact. chrysogloea		Göhrisch	„		„	10,7	14,33	
		„	„		„	3,1	4,15	
Bacillus mycoides		„	„	„	„	10,6	14,20	
		„	„	„	„	10,5	14,06	
Bact. ochraceum		„	„	„	„	20,27	27,15	
		„	„	„	„	20.63	27,77	
Bacillus Megaterium		„	„	„	„	6,1	8,17	
		„	„	„	„	5,9	7,90	
	Bact. coli var.	Oberholz	Blutmehl	„	„	3,17	4,35	
		„	„	„	„	3,7	4,96	
	Bact. vulgare var. Zenkeri	Göhrisch	„	„	„	4,9	6,56	
		„	„	„	„	4,5	6,03	
	Rauschbrand var. a	„	Fleischmehl	„	„	5,5	7,35	
	a	„	„	„	„	6,6	8,84	
	„ „ b	„	„	„	„	4,7	6,29	
	b	„	„	„	„	4,3	5,76	

Reinkulturen.

Pro 50 ccm Leitungswasser + 5 g Boden + 2,5 Knochenmehl
3,6 + 66,0 = 69,6 mg N,
davon in NH_3-Form vorhanden 1,28 mg.

Bakterien		Isoliert aus:			NH_3-Stickstoff gebildet			Parallele
aërob	anaërob	Boden + Dünger		pasteurisiert	aus	in mg	% d. N. G	
Bacillus fusiformis		Oberholz	Knochenmehl	„	Knochenmehl	12,05	17,32	a
		„	„	„	„	12,3	17,67	b
Bact. radiobacter		„	„		„	1,3	1,87	
		„	„		„	0,8	1,15	
Bact. vulgare var. Zenkeri		Göhrisch	„		„	13,3	19,11	
		„	„		„	11,7	16,81	
Bact. radiobacter		„	„		„	3,3	4,74	
		„	„		„	1,2	1,72	
Bact. vulgare var. Zenkeri		„	„		„	1,1	1,58	
		„	„		„	1,3	1,87	
Bact. cremoides		„	„		„	17,5	25,14	
		„	„		„	14,4	20,69	
Bac. tumesceus		„	„	„	„	18,9	27,16	
		„	„	„	„	15,2	21,84	
Bact. turcosum		„	„	„	„	9,7	13,94	
		„	„	„	„	8,2	11,78	
Bact. radiobacter		„	„	„	„	2,8	4,02	
		„	„	„	„	1,8	2,59	
	Bact. coli var.	Oberholz	Blutmehl	„	„	1,8	2,59	
		„	„	„	„	1,9	2,73	
	Bact. vulgare var. Zenkeri	Göhrisch	„	„	„	2,5	3,59	
		„	„	„	„	2,55	3,66	
	Rauschbrand var. a	„	Fleischmehl	„	„	16,66	23,94	
	a	„	„	„	„	14,16	20,35	
	b	„	„	„	„	12,55	18,03	
	„ „ b	„	„	„	„	16,73	24,04	

Vita.

Verfasser vorliegender Arbeit, Erich Bönisch, evang.-luth. Konfession, geboren am 16. August 1885 in Göhrisch bei Meißen a. E., besuchte nach erhaltenem Vorunterrichte das Realgymnasium zu Freiberg in Sa., verließ dasselbe mit dem Zeugnis der Reife und bezog nach dreijähriger praktischer Tätigkeit als Landwirt im Sommer-Semester 1908 die Universität Bonn, vom Winter-Semester 1908/09 ab die Universität Leipzig behufs Studiums der Landwirtschaft.